

5/6  
A628

# EXACTA

m e n t e

AÑO 9 · Nº 25 · \$ 3 · DICIEMBRE DE 2002

ISSN 1514-920X

## Entrevista

Ginés González García

## Panorama

¿Hay música extraterrestre?

## Comportamiento

Animales con sexto sentido

## Institucionales

Las semanas de las ciencias

## Conceptos

Células desobedientes



Revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales · UBA



**Consejo Editorial****Presidente**

Pablo Jacovkis

**Vocales**

Manuel Sadosky  
Gregorio Klimovsky  
Eduardo F. Recondo  
Alberto Kornblihtt  
Juan M. Castagnino  
Celia Dibar  
Ernesto Calvo

**Staff****Directores**

Ricardo Cabrera  
Guillermo Durán

**Editor**

Armando Doria

**Jefe de redacción**

Susana Gallardo

**Redactores**

Cecilia Draghi  
Verónica Engler

**Diseño Gráfico**

Santiago Erasquin

**Fotografía**

Juan Pablo Vittori  
Paula Bassi

**Colaboradores permanentes**

Pablo Coll  
Guillermo Giménez de Castro  
Guillermo Mattei  
Gustavo Piñeiro  
Simón Tagtchián

**Colaboran en este número**

José Dadon  
Luis Ariel Pugnali

**Impresión**

Centro de Copiado "La Copia" S.R.L.

Tapa: Ilustración a partir de una foto de amiloplastos de papa observados con luz polarizada. Fotografías: Mario Ravaglia y Pablo Picca.

EXACTAmente es propiedad de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA  
ISSN 1514-920X  
Registro de propiedad intelectual: 28199

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar Estudiantil.  
Ciudad Universitaria, Pabellón II,  
C1428 EHA Capital Federal  
Tel.: 4576-3300 al 09, int. 464,  
4576-3337, fax: 4576-3351.  
E-mail: revista@de.fcen.uba.ar  
Página web de FCEyN:  
http://www.fcen.uba.ar

Los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores. Se permite su reproducción total o parcial siempre que se cite la fuente.

**Editorial**

Entre el anterior número de **EXACTAmente** y este último se produjo una novedad –que no fue una sorpresa– muy importante en América Latina. Luiz Inácio Lula da Silva triunfó en las elecciones presidenciales del Brasil, y las consecuencias de esta victoria pueden indicar un cambio positivo del cual deberíamos tratar de sacar conclusiones.

El triunfo de Lula representa exactamente aquello que *no* se hace en la Argentina: un largo proceso de aprendizaje político. Las alternativas que plantea el nuevo gobierno para sacar al gigante latinoamericano de su miseria y atraso no deja de tener en cuenta los límites de lo posible, pero sin que eso signifique resignar el hecho de que la realidad puede ser cambiada. El Partido de los Trabajadores de Lula no es un invento de la coyuntura electoral, es el testimonio de la importancia que reviste sumar apoyos –no restarlos– y aprender en la gestión de municipios y estados para alcanzar las condiciones técnicas que permitan encarar la gestión de un país como Brasil, con 180 millones de habitantes en siete millones y medio de kilómetros cuadrados.

Es curioso, pero puede encontrarse una cierta analogía entre esta política a largo plazo emprendida hace algunos años por los sectores más progresistas del Brasil y la política de Estado que desarrolla ese país en diversas áreas desde mucho tiempo antes. Ejemplo de esto son desde la política exterior hasta la científica y tecnológica. En efecto, si Lula puede llevar a cabo con éxito buena parte de sus propósitos, una de sus herramientas será la política científica y tecnológica ya instalada en Brasil, y que constantemente apuntó hacia el crecimiento y la excelencia. Esto último

también es lo opuesto a lo que se hizo en nuestro país, donde todo fue –por responsabilidad de sus autoridades– imprevisión, descuido e ignorancia.

Pero las antinomias continúan. Por un lado, podemos contar aquello que le dio la victoria al PT y a sus aliados: paciencia, esfuerzo constante a lo largo de muchos años y el claro interés por integrar distintos partidos políticos, distintas ópticas, e incluso distintas ideologías sobre la base de mínimos criterios de coincidencia programática. Por otro lado, está el sectarismo, impaciencia y superficialidad con que, desgraciadamente, se elaboran políticas presuntamente progresistas en nuestro país. Al respecto, y teniendo en cuenta que estamos en una Facultad con fuerte sesgo científico y tecnológico, se puede citar un ejemplo puntual. Hace más de dos años un conglomerado de grupos de científicos y tecnólogos del estado de San Pablo consiguió el secuenciamiento completo del ADN de la bacteria *Xilella fastidiosa*. ¿Hubiera sido posible en la Argentina integrar tantos grupos en pos de un objetivo común? ¿Hay posibilidad aquí de que la autoridad política tome una decisión en este sentido, y los científicos y tecnólogos se allanen a ésta? La respuesta a estas preguntas pueden indicar si estamos dispuestos, en el ámbito de la ciencia y la tecnología, a seguir los pasos de Brasil. Y más que eso: si existe un estado de ánimo en la sociedad argentina que permita plantear con optimismo un camino alternativo, y a largo plazo, que pueda desembocar en un resultado como el brasileño y con el mismo éxito que le deseamos sinceramente al flamante Presidente del Brasil.

Pablo M. Jacovkis  
Decano de la FCEyN

**Sumario****ENTREVISTA**

Ginés González García  
por Armando Doria .....4

**PANORAMA**

Música extraterrestre  
por Ricardo Cabrera .....8

**MATERIALES**

Materiales Granulares  
por Luis A. Pugnali .....12

**NÓBEL**

El premio de química  
por Verónica Engler .....15

**CONCEPTOS**

División celular  
por Cecilia Draghi .....16

**PERFILES**

María Victoria Canullo  
por Guillermo Mattei .....20

**COMPORTAMIENTO**

Sexto sentido en animales  
por Susana Gallardo .....22

**INFORMÁTICA**

EL PABI  
por Verónica Engler .....26

**BILLIKEN**

por Ricardo Cabrera .....29

**INSTITUCIONALES**

Semanas de las ciencias  
por Cecilia Draghi .....30

**ENERGÍA**

Uranio para la paz  
por Verónica Engler .....32

**ECOLOGÍA**

Almejas y ecosistema  
por José Dadon .....34

**BIBLIOTECA** .....36**MICROSCOPIO**

Grageas de ciencia .....38

**PSEUDOCIENCIA**

Círculos en las plantaciones  
por G. G. de Castro .....40

**JUEGOS**

por Pablo Coll  
y Gustavo Piñeiro .....42

Ginés González García

# Un Ministerio movido

por Armando Doria  
mando@de.fcen.uba.ar



*Desde fines de agosto, los médicos están obligados a prescribir medicamentos por su nombre farmacológico (genérico), y no por su denominación comercial. De esa manera los pacientes pueden optar entre los productos que consideren más convenientes según el precio, la marca o el diseño del envase, y el consumo deja de estar inducido por la receta médica. La puesta en marcha de la Ley de medicamentos genéricos fue la primera intervención pública del Ministerio de Salud comandado por el médico sanitarista Ginés González García desde febrero pasado. Y trajo cola: los grandes laboratorios hicieron todo lo posible para frenar su aplicación. Pero no lo lograron. Más tarde otro proyecto ministerial hizo revuelo al chocar con el conservadurismo local: el de establecer una política de salud reproductiva, que prevé evitar los embarazos no deseados distribuyendo información, pero también preservativos y anticonceptivos. Y hace poco más de un mes el Ministerio quedó ocupando nuevamente la escena, aunque esta vez no por una acción de gobierno: resonaron en el país y en el mundo los casos de desnutrición infantil en el interior del país. Todo esto en menos de un año.*

**-¿Pensó alguna vez que iba a dirigir una gestión de salud con semejante demanda mediática?**

-Siempre he creído que una de las cuestiones más importantes del Estado moderno es la comunicación, por lo tanto siempre me presté al contacto con los medios. Por otro lado, en el caso de la salud, distribuir información es vital, y para eso los medios son muy importantes. Entonces, la participación en los medios la tomo como una obligación de Estado y como una manera de informar.

**-Algunos meses atrás la demanda tuvo que ver con políticas impulsadas desde el Ministerio, pero últimamente está centrada en temas como el de los chicos desnutridos de Tucumán.**

-Sí, digamos que tiene más que ver con la tragedia de ese día más que con la cuestión estructural. El periodismo mira las tragedias individuales y desde acá tenemos que ver las colectivas: cómo combatir la mortalidad infantil, la materna, cómo hacer que haya menos diarrea, menos neumonía, o que disminuyan las consecuencias brutales que generan los descalabros políticos y sociales sobre la población, sobre la salud real, no sobre el sistema. En ese sentido, los medios lo que más buscan es una foto de una circunstancia determinada. Yo tengo la obligación de responder a lo mediático pero también seguir pensando en todo, no en un caso particular, y tratar de hacer una reflexión a futuro. Uno de los problemas que tenemos los argentinos es que siempre estuvimos tratando el día a día.

**-Estamos en un estado de crisis profunda, y el día a día también exige acciones. ¿Cómo se conjuga lo inmediato en relación con el proyecto a mediano o largo plazo?**

-Es cierto que en una circunstancia de catástro-



fe, donde es difícil sobrevivir, no es fácil proyectar en el futuro. Uno no debe pensar en abstracto a mediano o largo plazo sin mirar la emergencia cotidiana. Pero tampoco debe perder la mirada estratégica hacia futuro. Desde la perspectiva de la emergencia, nosotros establecimos una serie de medidas que permitieron que el sistema siguiera funcionando; si no lo hubiéramos hecho, el sistema de salud hubiera colapsado totalmente. Y no solamente se evitó el colapso sino que mejoró.

**-¿De dónde sale esa conclusión?**

-El sistema de salud cubrió este año una demanda mayor de la que venía cubriendo años anteriores, y eso no es poco. Si el sistema no hubiera dado respuesta, tenga la seguridad de que no hubiera tenido casi un 25 por ciento más de personas que lo utilizaron. Por eso yo estoy orgulloso del sistema sanitario de la Argentina, porque en un año durísimo, donde el presagio era que se caía, siguió dando respuesta y no sólo para los argentinos sino también para gente de países hermanos como Chile, Perú, Uruguay, Bolivia...

**-La mayor parte de los proyectos del Ministerio son a mediano o largo plazo. ¿De qué manera se programan teniendo en cuenta que su gestión no se extenderá más de un año?**

-Finalmente, todo es transitorio, este gobierno, la vida también. Si uno no pensara en que cada día se tiene que levantar y hacer lo que puede para acostarse mejor... Y lo mismo aplico en la

gestión. Nosotros tenemos la obligación de hacer todo lo posible por dejar resueltos los problemas que encontramos sin resolver cuando asumimos. Incluso, el programa Remediar –de distribución gratuita de medicamentos– está estructurado hasta el 2004, por lo que el próximo gobierno encontrará resuelto el tema del acceso a medicamentos ambulatorios para la gente de menores ingresos. Y lo mismo en el caso de las drogas para el SIDA, de las vacunas. Y ahora queremos instrumentar una nueva política de Estado, el Seguro Nacional Materno-Infantil.

**-Más allá de que puedan estar previamente estructurados, ¿cuál es la garantía de que gobiernos posteriores continúen los proyectos?**

-El consenso. Por eso la política de medicamentos la hicimos con el consenso de muchos sectores. Esos sectores van a seguir estando en la Argentina más allá de la existencia de este gobierno. Lo mismo sucederá con el Seguro Materno-Infantil. La misma receta.

**-¿A qué sectores se refiere?**

-Por ejemplo, la Sociedad de Pediatría, las entidades médicas, la CGT, la Academia Nacional de Medicina, organizaciones de consumidores. Construir el consenso es construir la masa crítica que, más allá de las personas, permita continuar un proyecto. Y creo que es el soporte ideal para viabilizar políticas. Si me retrotraigo a la Argentina que encontré cuando asumí, hace casi un año, en la cual nadie creía en nadie, me sorprende de ver el cambio. Hoy siento que la sociedad cree en nosotros, y cree por lo que hicimos. Es la manera de revalorizar la política.

**-¿Entonces no se tienen que ir todos?**

-Son muchos los que tienen la coartada de echarle toda la culpa a los políticos. Yo no soy



político, usted lo sabe bien, pero la realidad es que sin políticos no hay política, y sin política los que manejan el país son los mercados. Por ejemplo, en el caso de los medicamentos, se da claramente un triunfo de la política sobre el mercado. En ese sentido, yo reivindico la política.

**-Cuando asumió su cargo, anunció que pretendía un Ministerio con sólo el personal necesario, y especializado. "Chiquito y musculoso", dijo en aquella oportunidad. ¿Cómo es el Ministerio actualmente?**

-No tiene mucho personal, es un lugar austero, no tiene muchos funcionarios ni muy altos sueldos. Al contrario, es el de más bajo promedio de sueldos y menos funcionarios. Pero yo he tratado de recomponer la idea profesional del Ministerio. La idea es que pueda articular otro tipo de acciones más allá de las grandes políticas, como la de medicamentos, o el Seguro Materno-Infantil. Más concretamente, que permita trabajar en forma más intensa una deuda muy grave del federalismo: compensar las diferencias internas que hay en la Argentina, como la de ser mamá en Formosa y ser mamá en Buenos Aires; ser niño en Jujuy y ser niño en Buenos Aires. Es tan claro como que una mamá, por el sólo hecho de parir en una maternidad del interior, tiene mucho más ries-

go de morir que otra mamá que esté internada en la maternidad Sardá. La diferencia la tiene que compensar una estructura nacional que regule, normalice y actúe. Y nosotros estamos trabajando para terminar con esas diferencias inmorales.

**-¿Qué existe hoy de esa política federal?**

-Nosotros hemos recompuesto mucho todo eso. Desde un principio, la idea fue trabajar en forma conjunta, incluyendo a todos los gobiernos provinciales, de cualquier signo que fueran.

**-De todas maneras, el Ministerio tuvo que trasladarse a Tucumán para dar asistencia en el problema de la desnutrición. ¿No pudo articularlo mediante el gobierno provincial?**

-No crea que fue así. Nosotros acompañamos, y estamos acompañando en todos lados. En Tucumán tuvo más repercusión, pero estamos también en Chaco, Corrientes, donde hace falta. Y vuelvo a destacar que una de las cosas para las que ha servido el Ministerio ha sido para recomponer la gobernabilidad sobre el sector. Cuando nosotros llegamos, en muchas provincias la idea de conducir el sector público estaba perdida. Y se gobernó de nuevo, no hubo huelgas médicas importantes, comenzó a recomponerse el sistema. La verdad, creo que es lo más importante que hicimos en el año: recomponer,

junto con los mismos gobiernos, la conducción del sector sanitario. Creo que a un Ministerio chiquito y débil lo convertimos en uno chiquito y fuerte, más presente, porque rompimos las paredes y entró toda la sociedad. Nosotros no sólo hacemos políticas para todos, hacemos políticas con todos, salvo algunos que se quieren quedar afuera...

**-¿Habla de los laboratorios?**

-Se la dejó picando.

**-¿La presión de los laboratorios es la misma que cuando comenzó a ponerse en práctica la prescripción por genéricos?**

-Disminuyó. No hay presiones públicas mediante solicitudes y propaganda directa. Lo que sí es cierto es que algunos falsos periodistas (digo falsos porque en realidad son empleados de multinacionales) todavía siguen diciendo cualquier cosa, pero ya atacándome directamente a mí, porque se van quedando sin argumentos en contra de los genéricos. De todas formas, la mayor parte del periodismo argentino estuvo a favor, incluso asumiendo el riesgo de quedarse sin el sponsoreo de la industria farmacológica. Y esto lleva a la reflexión de que algún día habrá que debatir cómo deben financiarse los medios y si deben obedecer a intereses particulares. Pero más allá de todo eso, creo que lo importante es que ganamos la batalla difícil, la que habitualmente no se gana: la batalla de la opinión pública.

**-¿Cómo evalúa hoy la política de medicamentos?**

-Lo que intenta esta política es mejorar el acceso a los medicamentos, y está funcionando, por-

que la gente ahora puede, entre otras cosas, optar por el producto de más bajo precio. Y también hay mucho más acceso a medicamentos gracias al programa Remediar. Como esta política se hizo a favor de la gente, le hizo perder rentabilidad a muchos laboratorios... y esos no son amigos nuestros. Yo les había dicho a los laboratorios: "Ustedes vean la historia como un ciclo. Durante diez años tuvieron una enorme toma de ganancias y ese tiempo ya pasó". Bien puedo estar orgulloso, por ejemplo, de lo que producen los laboratorios, pero mi deber es defender el bolsillo de la gente.

**-¿Qué resultados concretos arrojó la prescripción por nombre genérico?**

-Por ejemplo, que laboratorios de primera línea hayan retrotraído los precios al año pasado. Esto para mí ha sido una extraordinaria consecuencia. Nosotros siempre quisimos que hubiera competencia entre las empresas farmacológicas. Además, el hecho de prescribir por nombre genérico, hizo que los médicos volviéramos a lo que se nos enseñó en la universidad, a decirle la verdad a los pacientes, a transmitirles información farmacológica, y no nombres de fantasía.

**-Hay algunos temas que parecen ausentes, como las campañas de información sobre el SIDA.**

-En el caso de campañas sobre el SIDA estamos trabajando con mínimo presupuesto porque el poco que tenemos debemos usarlo para comprar los remedios para los pacientes, y eso tiene un alto costo. De todas formas, con mucha colaboración externa, nos arreglamos para desarrollar algunas campañas de prevención.



**-Otro tema en danza es el programa de salud reproductiva, que está apoyado por una ley que se aprobó hace muy poco.**

-Es una cuestión fundamental para que dejen de pasar muchas de las cosas que están pasando. Ahora que tenemos Ley de Salud Reproductiva, vamos a trabajar muy fuerte en una campaña para proteger a las mujeres del embarazo no deseado, y especialmente a las mujeres jóvenes y a las mujeres pobres. Debemos terminar con la desinformación y suministrar recursos para evitar los embarazos no deseados, que son la causa del mayor porcentaje de mortalidad materna e infantil. Es una injusticia terrible en una sociedad que siempre fue cuidadosa en prevenir los embarazos no deseados en sus clases medias y altas. Comenzamos por Tucumán. En este momento estamos suministrando anticonceptivos, preservativos, DIU, entrenando para capacitar. Y que no me vengan con versos, porque la gran mayoría de los que están de acuerdo con la aplicación de políticas de salud reproductiva y la gran mayoría de los que no lo están, aplican controles de natalidad. Esto es un problema de equidad: que las mujeres po-

bres tengan el mismo derecho a decidir que las de otras clases sociales.

**-¿Cuál es su posición respecto a la despenalización del aborto?**

-El aborto es una terrible epidemia en la Argentina, y tiene que ver con el embarazo no deseado. Yo no sé si está tan madura la idea como para llegar a una despenalización, pero sí que será un debate arduo que está por producirse en toda América.

**-¿Qué va a quedar pendiente de su gestión?**

-Tantas cosas... Una reforma estructural más profunda de todo el sistema, y la punta de ese iceberg es la instrumentación del Seguro Nacional Materno-Infantil. Hay que conseguir resultados. Están faltando resultados. Hay que bajar la mortalidad infantil, aumentar la esperanza de vida, hacer la vida más vivible.

**-¿Seguiría en el Ministerio si se lo propusiera el próximo presidente?**

-Hay muchos lugares desde los cuales poder trabajar para mejorar la salud, y yo no voy a dejar de hacerlo. ■

Música en civilizaciones extraterrestres

# Sones del Universo

por Ricardo Cabrera  
ricuti@de.fcen.uba.ar

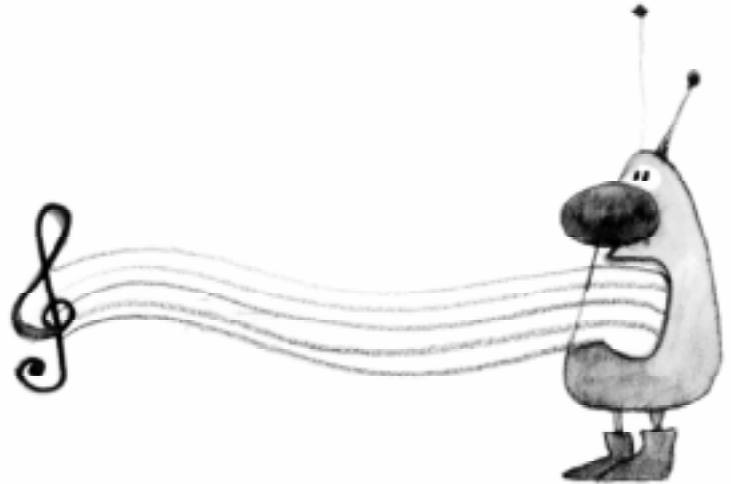
*¿Tendrán música los seres extraterrestres inteligentes... si es que existen en alguna parte del universo? Y más aún: ¿habrá aquí en la Tierra seres inteligentes que se ocupen de responder la pregunta anterior? Los hay, y de las investigaciones de uno de ellos, el físico Juan G. Roederer, da cuenta esta nota.*



La exobiología es una disciplina relativamente joven. Nació junto con la era espacial, de la mano de las siguientes preguntas: ¿cómo podría ser la biología de seres extraterrestres?, ¿de qué pasta estarían hechos, o sea, qué estructuras químicas les darían soporte? Y si en algún lugar se hubiera desarrollado una inteligencia, una cultura, ¿qué características mínimas y seguras deberían poseer? ¿Cómo habríamos de comunicarnos con ellos?

Hace ya tiempo la NASA creó un centro de estudios de exobiología, y son muchos los científicos que le dedican esfuerzos a esta disciplina. Fabrican modelos matemáticos, físicos, químicos y biológicos cuyos avances –paradójicamente– abonan un conocimiento muy terreno: el origen de la vida en la Tierra y la vida misma.

Por otro lado, las dos sondas Voyager lanzadas en 1977 (naves robot que salieron a fotografiar el Sistema Solar y que terminarían perdiéndose en la negrura) llevaban sendas placas de oro con diagramas y planitos, y un disco fonográfico –un long play– con música de Mozart, Beethoven, Louis Armstrong y otros 50 creadores de hits, incluyendo canciones de cuna de las amorosas ballenas jorobadas. En aquel entonces, al físico argentino por adopción Juan G. Roederer (ver recuadro), ya famoso por su texto de mecánica elemental que sigue aún hoy reeditándose y vendiéndose, le pareció un gesto ingenuo de parte de la NASA: ¿qué podían entender los extraterrestres, quienes sea que fuesen, de esa sucesión de depresiones periódicas impresas en la placa de metal?



Sin embargo, su amor por la música y su formación científica lo llevaron a investigar el asunto en profundidad y a formularse cuestiones que de a poco van arrojando respuestas, algunas de ellas sorprendentes. En su última visita a la Argentina, Roederer brindó una conferencia en el marco de las “Charlas de los viernes” que tienen lugar en la Facultad de Exactas (ver **EXACTA**mente número 14) en la que expuso sus conclusiones, y a partir de la cual elaboramos esta nota. Como todo físico, el investigador empezó por el principio, por cuestionarse la música terrenal.

#### ¿Qué tiene la música de universal?

Todo ser humano reacciona emocionalmente frente a la música. Es cierto que los amantes del rock poca paciencia le tienen a Bach y que la música china nos resulta aburrida. La diversidad de gustos y tolerancias sobre la faz de la Tierra pareciera indicar que la música tiene poco de universal, y menos todavía lo tendrá fuera del planeta. Sin embargo, un análisis minucioso revela que existen características universales por demás significativas; características que son comunes a todas las culturas, a todos los tiempos y a todas las músicas. Como si estuviesen sustentadas en la propia biología del ser humano.

Veamos algunas: todas las culturas identifican consonancias y disonancias; todo ser humano identifica el intervalo de la octava como la reina de las consonancias; en todo el planeta se utilizan escalas como base para hacer música (bien podríamos haber construido un acervo

musical a base de *glisandos*, que sólo aparecen como adornos, y muy de vez en cuando). Algunas más: todos los pueblos se emocionan de modo similar ante sonidos semejantes (por ejemplo: las escalas menores imprimen cierta tristeza; algunas estridencias provocan euforia; ciertas disonancias irritación y otras comicidad).

Tales constancias revelan que hay algo en la música que debe haberse gestado muy pero muy tempranamente en la especie humana, tan tempranamente que el mecanismo de su existencia debe de residir no ya en las pautas culturales sino más atrás en el tiempo, a partir de nuestra biología, determinada cuando la cultura y la música humana no existían. Pero hay un problema, y es que la música tampoco existe en la naturaleza. Se trata de un patrimonio exclusivo (aquí en la Tierra) de la especie humana. “¡No me vengán con el canto de los pajaritos!”, se anticipó Roederer frente al auditorio de los viernes. Aclaró que ellos usan su “canto” para transmitirse un mensaje: “Ven, preciosa hembra, que aquí te aguardo” o “aléjate, vil competidor, que éste es mi territorio”. Los monos hacen otro tanto, quizá con un mayor repertorio de mensajes, pero sus aborrecibles chillidos no nos parecen música.

Muchas de las características físicas de la música están determinadas por esa maravilla de la tecnología bioelectromecánica llamada oído humano. En particular, por uno de sus componentes, la membrana basilar, que se halla dentro de la cóclea y que resuena ante las vibraciones musicales. Es sorprendente descubrir cuánto de las propiedades biofísicas de la

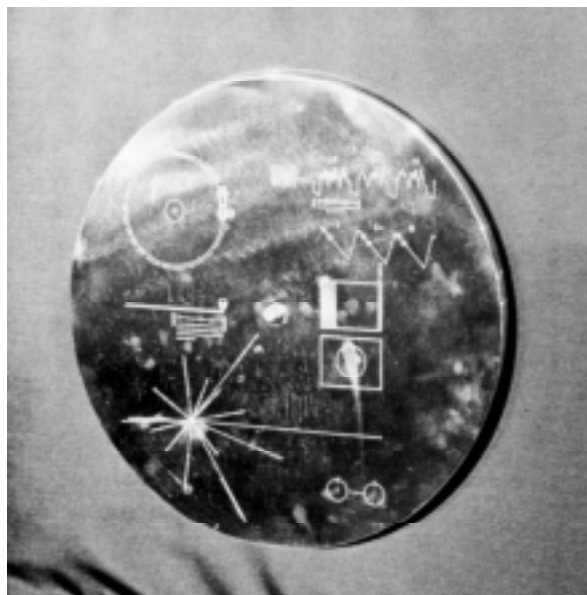
membrana basilar terminan modelando la música. Pero, de cualquier modo, todos estos hallazgos remiten a cuestiones profundas que merecen contestación: ¿cuál es el valor adaptativo de escuchar, de ejecutar, de crear música? ¿Cómo pudo la música, ausente en la naturaleza, aparecer en la humanidad? ¿De qué modo la música pudo aumentar (o aumenta) la fecundidad de sus cultores? Si no respondemos primero estas preguntas, todo lo que digamos de la música en civilizaciones no humanas será especulación vacía de contenido.

#### No todo es cuestión de oído

Avancemos un poco más: ¿Qué pasa con los sonidos después de atravesar el oído? Exploraciones de suma precisión del interior del cerebro, como la resonancia magnética nuclear y la emisión positrónica, revelan la ruta de la información. Ésta viaja desde el órgano sensitivo hasta un sector de la corteza cerebral. Allí se van ensamblando los trozos de información tal como van llegando. Y de ahí mismo parten mensajes neurales a otras zonas de la corteza: unos se ocupan de interpretar esos sonidos, de buscarles sentido; otros de asociar y comparar; otros de memorizar. Todo esto requiere un flujo de ida y vuelta de mensajes neurales o impulsos nerviosos que viajan de un lado a otro de la corteza cerebral a través de rutas de axones (las prolongaciones de las células nerviosas). Nuestro “procesador” funciona integralmente y tal funcionamiento explica nuestra capacidad para “pensar” la música, imaginarla, crearla y hasta escucharla, aunque esté ausente.



Portada del disco  
*The Sounds of Earth.*



Pero por cada mensaje que se envía de un lado a otro de la corteza también se envía una copia, o al menos un parte, a una región profunda del cerebro llamada *sistema límbico*.

El sistema límbico es antiguo, evolutivamente hablando. Se trata de unos centros de procesamiento cuyo cableado viene diseñado de fábrica (no lo cambia el aprendizaje, ni la experiencia ni el medio ambiente). Se ocupa fundamentalmente de las cuestiones primitivas, esenciales: vida-muerte, odio-amor, miedo, agresión, sexo; en suma, nuestro instinto. Su objetivo es ordenar la conducta más apropiada para la consecución de este único mandato: maximizar la descendencia. Sin este control estricto y permanente del sistema límbico, nuestra especie no podría haber evolucionado.

Lo dicho vale para todas las especies con instinto, las inteligentes, y también –asegura Roederer– todas aquellas que posean una inteligencia del tipo humano (adivinan a qué se refiere, ¿no?). La distinción principal de los humanos es que podemos suprimir o posponer los dictados del sistema límbico (¿qué otro animal es capaz de hacer voluntariamente una dieta?). Pero, sin duda, el mayor hito, el logro evolutivo más llamativo de nuestra especie es

#### Roederer: del cosmos a la música

Nacido en Trieste, Italia, en 1929, Juan Roederer pasó por varias ciudades europeas antes de arribar a Buenos Aires en 1939, cuando Europa entraba en guerra.

En nuestro país, Roederer completó sus estudios hasta obtener el doctorado en Ciencias Físico Matemáticas que por entonces otorgaba la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, donde comenzó a investigar las variaciones latitudinales de rayos cósmicos a lo largo de Los Andes. Esa misma línea de trabajo llevó a Roederer al Max Planck Institut en Göttingen, Alemania, y al cabo de dos años en esa institución retornó al país donde fue designado director del Laboratorio de Rayos Cósmicos de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) desplegando una prolífica tarea que dejó, entre otras cosas, tres observatorios únicos en su clase.

En 1966, de regreso al país luego de estar durante dos años en el Centro Goddard de Vuelos Espaciales, Roederer se encontró con la intervención de la Universidad luego de la «Noche de los Bastones Largos», lo que motivó su radicación definitiva en los EE.UU.

En 1967 se incorporó a la Universidad de Denver, pero luego se instaló definitivamente en el Instituto Geofísico de Alaska, de cuya dirección se hizo cargo entre 1977 y 1986.

Actualmente continúa conduciendo investigaciones como profesor honorario en la Universidad de Alaska. Es autor de, entre otros, el libro “Acústica y psicoacústica de la música”, que ha sido traducido a varios idiomas, y de un capítulo del libro sobre comunicaciones extraterrestres “Between worlds” que será impreso en 2004, y que es la base de lo expuesto en esta nota. Más información en <http://www.gi.alaska.edu/~jgr/>



#### Disco The Sounds of Earth

Las sondas espaciales Voyager abandonarán el sistema solar dirigiéndose hacia cualquier civilización extraterrestre que pueda encontrarlas. La portada del disco que transportan tiene, en notación científica, instrucciones para escuchar el disco e indicaciones de la posición y época actual de la Tierra. El disco se mantendrá en buenas condiciones de ser escuchado unos mil millones de años.

la invención del lenguaje, que entre otras cosas tuvo una repercusión decisiva en el desarrollo de la inteligencia. Con el lenguaje, la humanidad adquirió una herramienta indispensable para la reproducción y la supervivencia. Aquellos individuos que no la manejasen hábilmente tendrían mucha más dificultad que los otros en dejar descendencia.

#### Duerme, duerme, negrito

Ahora bien, ¿cómo ganar esa habilidad que garantice el éxito reproductivo? Un modo seguro es practicando el uso de la herramienta, en nuestro caso, practicando el lenguaje. Pero también hay otros: los juegos de la infancia, por ejemplo, son entrenamientos para cuestiones importantes. Cuando los cachorros juegan a pelearse no hacen más que aprender y practicar los movimientos que tendrán que realizar para cazar o defenderse una vez adultos. Ser hábiles en el juego garantizará, a futuro, el éxito reproductivo. Sin duda, una orden del sistema límbico hace que los animales no podamos rehusar el placer del juego. Estamos altamente motivados para aquellas cosas que nos entrenan en las habilidades indispensables.

El punto de Roederer es que la música es un subproducto, o mejor aún, un coproducto de la evolución del lenguaje humano. La música posee todos los atributos necesarios para entrenar el oído. Posiblemente sea ésa la razón de que el sistema límbico motive fuertemente a la madre a susurrar melodías simples a su bebé recién nacido. Del mismo modo, el niño estará muy motivado para prestar atención al arrullo de la madre. Esa vocalización de sonidos simples debe tener una importancia vital para nuestra especie. El canto y la música debieron haber nacido muy ligados a las emociones asegurando, mediante el afecto, el entrenamiento acústico para apreciar correctamente los refinadísimos y complejísticos sonidos que el lenguaje requiere.

El parentesco entre el lenguaje y la música es claro y notorio. La música tiene frases y oraciones. Y tiene diálogos. La similitud de la organización musical y el lenguaje permite hablar de una gramática de la música. La oratoria se sirve de la melodía; todo orador sabe que es tan importante lo que se dice como la música con que se dice: el tono, la musicalidad, la sonoridad de las palabras deciden si el auditorio

se duerme o si –como en el caso de esta charla de Roederer– estalla en aplausos cuando la disertación finaliza. Pero todavía no llegamos a ese momento, nos falta responder la pregunta más importante. ¿Puede haber música en otro lugar del universo?

Retomemos la pregunta inicial. Supongamos que sí hay civilizaciones extraterrestres inteligentes. Supongamos que poseen una inteligencia como la nuestra. Entonces, la primera condición que le impondremos es que sus procesadores centrales –sus cerebros– deben estar motivados, deben poseer un sistema análogo al límbico, pues si no, no podrían haber evolucionado y entonces no existirían.

La segunda condición es que deben poseer un lenguaje oral, acústico. La única forma de transmitir mensajes complejos, con una capacidad de información suficiente para soportar la inteligencia, es mediante ondas de presión, ya sea en medios gaseosos o líquidos, o sea sonido. El espectro de sonidos disponibles (por ejemplo para la comunicación humana) tiene cuatro órdenes de magnitud. Es como contar con un alfabeto de 10.000 letras diferentes, más todas sus combinaciones posibles. Así como es muy improbable otra química para la vida que no sea la química del carbono, también es muy improbable otro tipo de onda para la comunicación que no sea la onda sonora.

Juntando las dos condiciones se concluye –Roederer concluye– que es probable que la música sea un elemento omnipresente, necesario, si es que no estamos solos en el universo. ■

## Materiales granulares

# El estilo arquitectónico *del azar*

por Luis Ariel Pugnali

*¿Qué tienen en común el café, la arena y el canto rodado? Estos productos tan disímiles, algunos de ellos minerales y otros vegetales, coinciden en que conforman granos de diferente tamaño. Luis Ariel Pugnali —físico del Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos del CONICET; actualmente en la Universidad de Leeds, en el Reino Unido— explica el secreto de estos materiales y para qué sirve estudiarlos. Sus investigaciones están financiadas por la Fundación Antorchas y el British Council*



Los materiales granulares son parte importante de nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, algunos productos comestibles como el café, el azúcar y la sal son granulares. También lo son las semillas como el trigo y el maíz; ciertos artículos de limpieza como polvos abrasivos y jabones; y los materiales de construcción: arena, canto rodado, cemento, cal.

Así como los átomos son los entes elementales que forman sólidos, líquidos y gases, los granos son los constituyentes básicos de los materiales granulares. A pesar de que son claramente perceptibles, el comportamiento de los granos es menos conocido que el de entes más abstractos como los electrones. Los materiales granulares son sumamente peculiares y muy distintos de los sólidos, líquidos y gases. La razón es muy simple: los granos no interactúan a través de fuerzas conservativas como sucede con los átomos.

Pero, ¿qué son las fuerzas conservativas? Cuando dos átomos chocan entre sí, se conserva la energía del conjunto, salvo que choquen tan fuerte que se hagan añicos en electrones, protones y neutrones. Pero cuando dos granos chocan, no hay fuerzas conservativas, es decir, se gasta mucha energía en fricción y deformación. Por ejemplo, si chocan dos pedazos de masilla, casi toda la energía del movimiento se consume en abollar las partes.



### Granos que forman arcos

Debemos tener en cuenta que cada grano en sí mismo es un sólido que puede, en forma aislada, ser estudiado como cualquier sólido. Cuando muchos granos se juntan, suceden cosas interesantes. Entre ellos existe rozamiento, lo que les permite apoyarse unos sobre otros y formar estructuras que se conocen como arcos o puentes. Estas estructuras determinan muchos de los fenómenos característicos de estos sistemas. Por ejemplo, la presión ejercida sobre el fondo de un silo es constante, sin importar la altura de la columna de trigo. Mirando de cerca la estructura de estos arcos podemos comprender mejor el comportamiento de los materiales granulares. Experimentos simples y simulaciones por computadora nos revelan el estilo arquitectónico con que el azar construye arcos en el interior de un silo lleno de grano.

En la escuela hemos aprendido que la materia se presenta básicamente en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Las principales características de estos estados son bastante conocidas: los sólidos son difíciles de comprimir y deformar, los líquidos también son difíciles de comprimir pero se deforman fácilmente ajustándose a su recipiente. Los gases, por su parte, se comprimen y deforman con facilidad, y se expanden tanto que llenan todo el espacio disponible.

Las propiedades de estos sistemas fueron estudiadas durante décadas haciendo uso del concepto atomístico: “todos los objetos están constituidos por átomos que se mueven e interactúan entre sí”. De este modo, con el uso de la teoría mecánica estadística, se puede predecir el comportamiento de un conjunto infinito de átomos que siguen las leyes de la mecánica

cuántica. Tengamos en cuenta que “infinito” es una buena aproximación, por ejemplo, para un litro de agua, que contiene más de  $3 \times 10^{25}$  (un tres seguido por 25 ceros) átomos de oxígeno y el doble de átomos de hidrógeno.

A menudo, como otra buena aproximación, los átomos son considerados como objetos que siguen las leyes de la mecánica de Newton. Para esto se usan fuerzas de interacción ficticias que simulan el carácter cuántico de los átomos. En todo caso hay algo central en estos sistemas: las fuerzas de interacción son conservativas. Esto significa que no existe rozamiento entre los átomos.

### Materiales muy peculiares

En los materiales granulares es posible hallar muchas peculiaridades. En ciertos aspectos se comportan como sólidos y, en otros, como líquidos. Por ejemplo, se puede construir una montaña de maíz sin que se desparrame, como sucede con el agua; pero también se puede hacer fluir maíz por un embudo.

Una propiedad única de los materiales granulares es la forma en que fluyen por un agujero. Cuando un silo se vacía por una boquilla, la velocidad de salida del grano no depende de lo lleno que esté el silo (excepto que ya quede muy poco grano). Gracias a esta propiedad funcionan los relojes de arena ya que el ritmo con que fluye la arena es casi constante. Esto es muy diferente en el caso del agua que sale por una canilla, que fluye más rápido cuanto más lleno está el tanque. Además, los granos se pueden atascar al intentar salir por un agujero. Esto sucede, por ejemplo, cuando queremos usar un salero en un día húmedo. Este problema de obstrucción del flujo de material es central en muchas industrias en las que tales productos son manipulados y envasados. Los ejemplos

abundan en la industria farmacéutica, la producción agrícola y las industrias alimenticias.

Estas características fueron asociadas por los científicos a la formación de arcos en el interior de los materiales granulares. Desde la época de los sumerios, este estilo de construcción fue usado para los dinteles. De este modo se puede salvar el espacio entre los lados de una puerta o ventana. Cada ladrillo es esencial para la estabilidad del arco: cada uno sostiene al ladrillo adyacente y, a su vez, es sostenido por él. Pero, para construir un arco no es cuestión de arrojar al aire unos cuantos ladrillos; es necesario acomodarlos cuidadosamente. ¿Cómo es posible entonces encontrar arcos en un montón de granos?

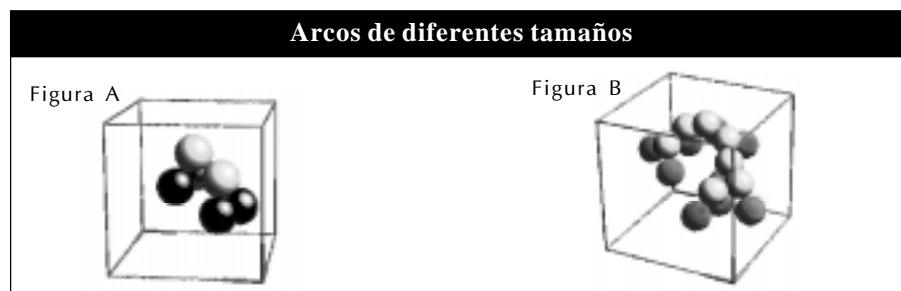
Los granos, gracias al rozamiento mutuo, pueden acomodarse para construir arcos. Pero no es necesario ser muy cuidadosos con los granos. Al llenar o batir un recipiente con granos, es muy probable que algunos se acomoden formando arcos en el interior del recipiente, simplemente por azar.

Un arco tiene la propiedad de transmitir el peso de todo lo que se encuentra sobre él hacia los lados del mismo modo en que, sobre una puerta, el peso de los ladrillos superiores se transmite hacia las paredes laterales. Esta característica hace que buena parte del peso del cereal dentro de un silo se trasmita a las paredes y no al fondo del silo. El resultado es una gran presión sobre las paredes del silo y una presión constante en el fondo, independientemente de lo lleno que esté el silo. De ahí que la velocidad de salida de grano por una boquilla en el fondo de un silo sea constante.

Por otro lado, si un arco se forma a la salida de un agujero por el que fluye grano, el agujero se bloquea y el flujo se detiene. Esto

explica por qué los saleros se tapan: cuando hay mucha humedad los granos de sal se pegan fácilmente unos a otros y esto facilita la formación de arcos. Claro está que es más probable que se formen arcos pequeños que arcos grandes, y es por ello que un agujero grande difícilmente se obstruya.

Recientemente, el doctor Kiwing To y sus colaboradores de la Academia Sínica (Taipei, Taiwan) midieron la probabilidad de atasco de una tolva bidimensional. El experimento consiste en hacer fluir por un embudo plano unos 200 discos de acero inoxidable. La frac-



ción de veces que el embudo se atasca es lo que se conoce como la probabilidad de atasco. Esta probabilidad depende esencialmente del tamaño de la salida del embudo, pero al mismo tiempo del ángulo que forman sus paredes. Todo esto lo conocen bastante bien los productores agrícolas. Lo que no es tan conocido es que la forma del “arco tapón” que obstruye la salida puede describirse con un modelo estadístico muy simple. De hecho, la línea quebrada que une los centros de los discos del “arco tapón” sigue un camino aleatorio con restricciones. Esto es, un camino azaroso tal que la concavidad y extensión del arco le permitan ser estable y al mismo tiempo tapar la salida.

El problema de estudiar la formación de arcos en un sistema tridimensional es mucho más complejo. Para empezar, no es posible ver claramente estos arcos con sólo fotografiarlos a la salida de un embudo ya que es difícil determinar qué granos están en contacto. Es aquí donde las simulaciones por computadora pueden prestar una gran ayuda. El autor de este artículo, en colaboración con el doctor Gary Barker del Institute of Food Research (Norwich, Inglaterra) y la profesora Anita Mehta, del S. N. Bose National Centre (Calcuta, India), obtuvo la primera evidencia en simulación por computadora de la forma y característica de los arcos que se forman en el interior de un silo lleno de granos. La simulación corresponde a un conjunto de 2200 esferas (los granos más simples imaginables) que son depositadas en un recipiente y reacomodadas mediante sacudidas verticales. En la figura pueden verse arcos de distintos tamaños donde se han borrado todas las esferas que los rodean para descubrirlos en el interior del recipiente virtual. Cada esfera en el

recipiente es soportada por otras tres. Las esferas claras son “mutuamente estables” y corresponden a los granos que forman el arco en sí. De manera similar a lo que sucede con los ladrillos de un dintel, cada esfera clara sostiene al menos otra esfera clara y es, a su vez, sostenida por ella. Las esferas oscuras en cambio, son granos “independientemente estables” sostenidos por otras esferas que han sido borradas de la figura para mayor claridad. Esto es, las esferas oscuras sostienen al “arco claro”, como las paredes laterales de una puerta sostienen un dintel, pero no son sostenidas por ninguna esfera del arco. En otras palabras, si eliminamos una esfera clara, todas las esferas claras se derrumbarían mientras que las esferas oscuras permanecerían en su lugar.

Lo sorprendente de este estudio es que la gran mayoría de los arcos tiene forma de gusano. El arco es una especie de cadena de esferas sostenida por patas a los lados.

Gracias a estas simulaciones sería posible estimar la probabilidad de atasco de una boquilla y la propagación de fuerzas hacia las paredes de un recipiente. De este modo se presentan nuevas herramientas para el diseño de silos y dosificadores de materiales granulares. Por ejemplo, se podría calcular la presión que el cereal ejerce sobre las paredes de un silo a partir de la estructura simulada por computadora de los arcos que forman sus granos. De este modo se construirían silos con paredes muy delgadas, para ahorrar materiales, pero suficientemente fuertes para soportar la presión a la que estarían sometidos.

Como vemos, el azar puede construir arcos. De hecho los construye, y su estilo arquitectónico es muy peculiar. ■

## Premio de química 2002

# Identikit de las grandes moléculas

por Verónica Engler  
vengler@bl.fcen.uba.ar

*El estadounidense John Fenn, el japonés Koichi Tanaka y el suizo Kurt Wüthrich son los tres premiados este año por sus aportes al estudio de las proteínas. Sus investigaciones permiten analizar detalladamente estas macromoléculas esenciales para la vida.*

Las proteínas, que juegan un rol fundamental en los organismos vivos, son grandes moléculas que encajan singularmente unas con otras. Para analizar el funcionamiento de cada una en relación con sus vecinas es necesario conocer su peso y su forma, los dos temas que resuelven las técnicas desarrolladas por los científicos laureados este año con el Premio Nobel de Química.

John B. Fenn –de la Universidad del Commonwealth de Virginia, en Richmond– y Koichi Tanaka –jefe de la división Bioscience del laboratorio de desarrollo de Shimatzu Corp, en Tokio– obtuvieron la mitad del premio por sus aportes a la espectrometría de masa (EM), técnica que sirve a la difícil tarea de pesar macromoléculas. El otro laureado fue Kurt Wüthrich –investigador del Instituto Federal Suizo de Tecnología de Zurich–, por sus trabajos en aplicación de resonancia magnética nuclear (RMN) al estudio de las proteínas.

Estas técnicas se utilizan actualmente en medicina para el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades así como en el control de calidad de los alimentos.

## La levedad de las proteínas

Dos de los métodos que permiten estimar la masa de las proteínas fueron descubiertos por los científicos galardonados en el área de espectrometría de masa. En 1988 Fenn describió cómo las proteínas en estado líquido pueden ser pulverizadas a través de un campo eléctrico para producir pequeños iones: esta técnica se conoce como electrospray ionization (ESI). Tanaka, por su parte, comunicó en 1987 su método para

ionizar proteínas en estado sólido o viscoso mediante la aplicación de un láser: el procedimiento se denomina Matrix-Assisted Laser Desorption Ionisation (MALDI).

“La espectrometría de masa requiere que la molécula se halle en estado gaseoso ionizado. Y, hasta el desarrollo de la técnica MALDI, había muchas moléculas que no se podían llevar a ese estado sin que perdieran sus características estructurales, como por ejemplo el azúcar, que se descompone con el calor”, explica la doctora Rosa Erra-Balsells, profesora del departamento de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA. Erra-Balsells investiga la técnica MALDI y ha compartido con Tanaka la autoría de algunos artículos.

La FCEyN tiene desde 1995 un convenio con el laboratorio de la Universidad de Ehime (Japón) donde funciona uno de los primeros equipos MALDI producidos por Shimatzu. Allí viaja todos los años Erra-Balsells llevando muestras para ser analizadas, ya que no se poseen esos equipos en el país.

## Ver para entender

Una proteína típica es una cadena de unos 200 ó 300 eslabones de aminoácidos –que pueden ser de hasta 20 tipos distintos– ubicados de una forma específica. El orden en que ciertos aminoácidos tienden a asociarse con otros fuerza a la proteína a plegarse en una forma precisa, y esa forma determina muchas de sus propiedades.

En 1959, los científicos Max Perutz y John Kendrew resolvieron por primera vez la estructura tridimensional de dos proteínas: la hemoglobina y la mioglobina. Diez años después se

averiguó la forma de otras ocho. El progreso continuó y sólo durante el año 1999 se resolvieron cerca de dos mil proteínas. Casi la mitad de éstas pudieron “verse” gracias a la aplicación del método de resonancia magnética nuclear por el cual fue galardonado Kurt Wüthrich.

La RMN se basa en que los núcleos atómicos de las proteínas, cuando se sitúan en un campo magnético intenso, absorben ondas de radio de cierta frecuencia. Lo más importante es que la absorción de un átomo depende de los que se hallen próximos a él, por lo que la técnica puede determinar las posiciones de éstos en la molécula. El problema es que una sola molécula de proteína tiene miles de átomos, lo que hacía impracticable la RMN hasta que Wüthrich ideó los métodos técnicos y matemáticos para hacerlo.

La imagen tridimensional permite “ver” la forma de la proteína, su distribución en el espacio y los distintos componentes de las cadenas. “Además, se puede prever qué interacción química puede generar la proteína con su entorno”, detalla Erra-Balsells.

La investigadora destaca que la espectroscopía de masa y la resonancia magnética nuclear son complementarias. La RMN permite ver la forma de la macromolécula, pero no estimar su tamaño real. La espectrometría le da al científico una idea sobre el volumen real de esa estructura.

Estos sistemas de encajes perfectos que conforman las proteínas son las piezas fundamentales del rompecabezas que los científicos intentan armar para descifrar los fenómenos de la salud y la enfermedad. ■



## Control celular

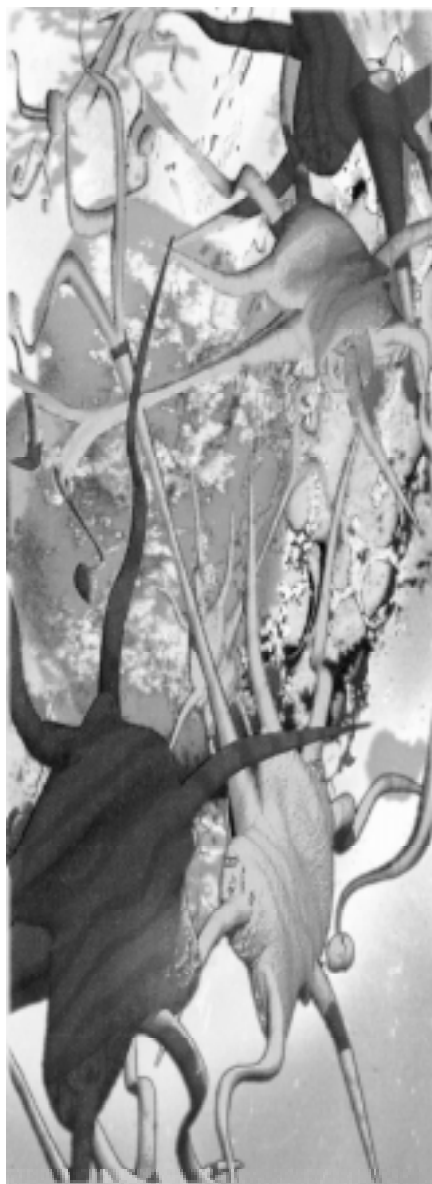
# Las células desobedientes

por Cecilia Draghi  
cdraghi@bl.fcen.uba.ar

*Sólo en el cuerpo humano, 50 billones de células cumplen a diario órdenes al pie de la letra, pero basta que algunas no lo hagan para que den la nota. No es para menos, su desobediencia puede ocasionar trastornos patológicos como tumores.*

No son pocas. Cuatro millones de diferentes especies de bacterias, protozoarios, vegetales y animales dan vida al planeta. Increíblemente distintas, con funciones diametralmente opuestas y comportamientos antagónicos, nada haría suponer a simple vista que están hechas con el mismo material. No faltaron perspicaces como Aristóteles en la Edad Antigua o Paracelso en el Renacimiento quienes sospecharon que los organismos, por más complicados que parecieran, estaban constituidos por unos pocos elementos repetidos. Pero aún debían pasar muchos siglos antes de alcanzar conocimientos que permitieran construir los primeros lentes de aumento. Es más, haciendo uso de ellos, Robert Hooke (1655) fue quien por primera vez empleó el nombre de célula (del latín *cella*, “espacio vacío”) en su investigación sobre “la textura del corcho por medio de lentes de aumento”.

Con el instrumental que abrió los ojos al mundo microscópico fue posible distinguir a una célula aislada como un ser entero, tal el caso de los protozoarios, o bien agrupadas y diferenciadas en tejidos u órganos dando forma a un organismo multicelular. Lograr esto último le llevó a la naturaleza varios millones de años. En principio, hace 3500 millones de años ya poblaban la Tierra seres unicelulares, parecidos a las actuales bacterias. Sin embargo, recién 2500 millones de años más tarde surge en escena el primer organismo pluricelular. Al pare-



cer esta demora estaría motivada en el tiempo que les requirió elaborar señales para comunicarse entre sí, de manera de coordinar funciones y llevar adelante un ser de esta complejidad. Como en una obra teatral, cada protagonista tiene un papel asignado, con momentos en que será eje de atención con todas las luces apuntando a su actuación, y otros donde hará mutis por el foro.

Con apariciones y desapariciones programadas sobre el escenario de la vida se realizan a diario incontables funciones en el interior de las células. Pero no falta ocasión en que una se salga del libreto, desconcertando a las otras integrantes, haciéndolas trastabillar. Si esto se reiterara en el mundo artístico, ello conduciría sin duda a un fracaso de taquilla, y biológicamente el desenlace no sería mejor.

El guión de esta obra maestra de la vida está escrito en moléculas de ácido desoxirribonucleico (ADN) con un alfabeto de cuatro componentes: A, G, T, C, que son las iniciales de compuestos básicos. Todo este repertorio da letra a las proteínas para entrar en escena. “Todas las células del organismo tienen la misma información genética aunque luzcan diferentes como si fueran de distintos planetas. Tal es el caso de las ubicadas en la retina o en el hígado. Lo que sucede es que no expresan todos los genes, sino algunos de ellos”, señala el doctor en Biología Omar Coso, del Departamento de Fisiología y Biología Molecular y Celular de

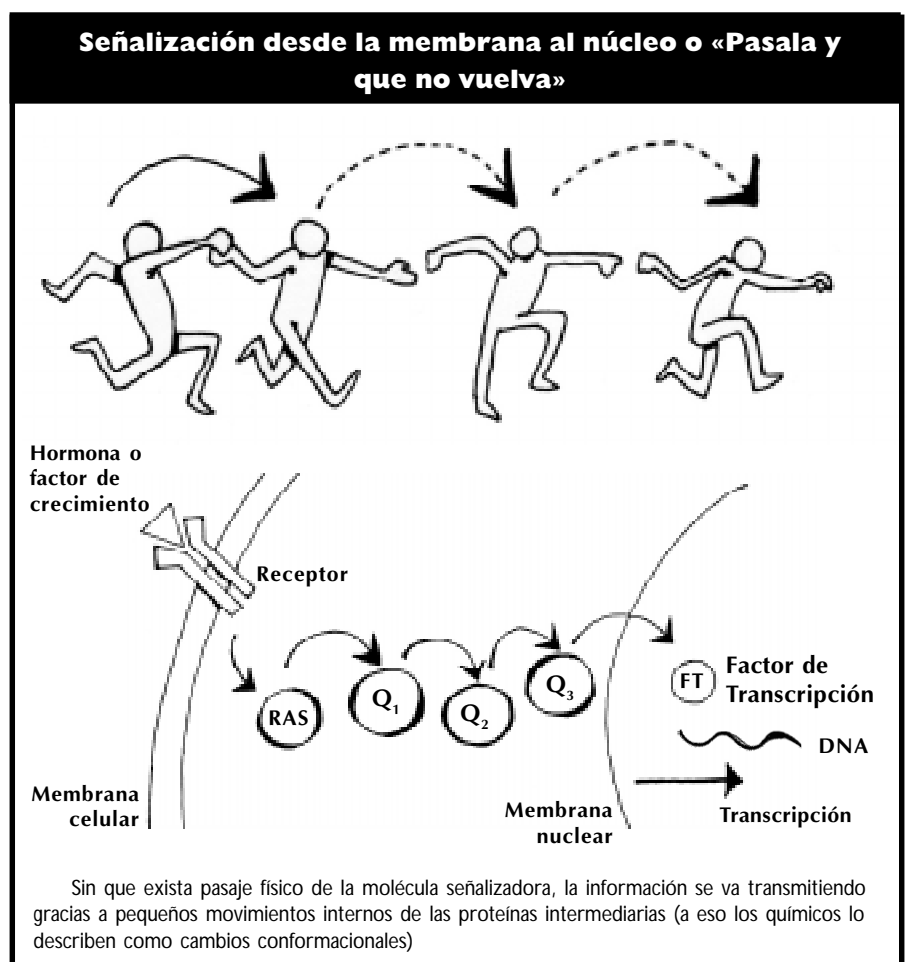
la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEN-UBA). “La célula de la retina es lo que es porque en ella sólo funcionan algunos de sus genes, si no estaría alterada; seguramente habría trastornos en la visión, un tumor, por ejemplo”.

#### Un día normal de la célula

Suponiendo que estamos ante un caso normal, es decir una célula con una identidad bien definida y sin mayores trastornos, igual está sometida a presiones como cualquier mortal que se precie. Ella debe responder permanentemente a estímulos que la bombardean desde el mundo externo como los rayos solares, la radiación de todo tipo o ciertos compuestos químicos. “A cada instante –describe– la célula debe tomar decisiones, incluso están capacitadas para decidir su propia muerte o suicidio celular o –técnicamente– apoptosis”.

La célula está separada del medio por una delgada película llamada membrana plasmática que exhibe distintos receptores. Éstos evalúan las señales del exterior. Sea cual sea el estímulo percibido, para la célula se trata de una orden a cumplir. “Las células están todo el tiempo obedeciendo órdenes, que no son singulares (es decir, no tienen lugar una por vez), y por ello la célula debe integrarlas y decidir, modificando así su comportamiento”, puntualiza.

Normalmente, las células son obedientes. En ellas, la información del mundo externo llega al núcleo celular a través de un mecanismo parecido al del juego escolar donde el último de la fila (el receptor para una hormona) palmea al de adelante con la consigna: “pasala y



que no vuelva”, según compara gráficamente el especialista. “Cada proteína le dice “pasala” a la siguiente con una dirección. Por lo tanto, una molécula interactúa con otra y así sucesivamente. Este mecanismo de transducción de señales permite que la información llegue al núcleo donde altera la expresión de determinados genes cambiando así su respuesta”, define.

De este modo, por ejemplo, una molécula

anclada a la membrana plasmática, y que recibe el nombre de receptor, se activa cuando se le pega otra molécula, por ejemplo, una hormona como el factor de crecimiento. A su vez, el receptor activado repite la acción dando lugar a una “cascada de señales” que llega al núcleo activando o desactivando un gen o un grupo de genes. Pero a veces este sistema de pasaje de información sufre inconvenientes.

Volviendo a su ejemplo, Coso compara: “Cada estudiante en la fila es protagonista y puede decidir si pasa la palmada o no. Si esto ocurre a nivel celular puede tener consecuencias nefastas para la salud”.

Cada proteína es una intermediaria en la transducción de señales y funciona como un interruptor que puede encenderse o apagarse. Pero a veces, según destaca, el mal funcionamiento ocasiona que el sistema siempre esté en una posición ya sea de encendido –es decir, que no corte nunca– o apagado. “En presencia de un interruptor ‘pegoteado’ –que provoque estar siempre encendido o apagado–, el conjunto de señales que recibe el núcleo estará alterado o distorsionado. Y esto puede ser terrible para la célula”, subraya.

### ***Parecidos pero diferentes***

Si por radiaciones, condicionantes ambientales o por otras razones, una proteína estuviera mutada se parecería a la original pero podría llegar a funcionar ligeramente diferente. Como consecuencia, puede ocurrir que en vez de transducir señales sólo en presencia de una hormona determinada –en la oportunidad debida– transduzca en todo momento, promoviendo una actividad cuando no correspondería. Un ejemplo típico lo presentan aquellas células que no están recibiendo órdenes proliferativas y sin embargo se duplican. “Cuando una célula comienza a desobedecer, es decir que ante el conjunto de señales responde diferente a como reacciona su célula vecina, ahí estamos ante un problema patológico. El más común son los tumores”, destaca.

Esto es lo que puede ocurrir en el caso de una proteína famosa, denominada Ras, que constituye un eslabón importante en la casca-

**Más independiente de lo que parecía**

Al igual que la proteína Ras, existen otras, muy parecidas, que median caminos de transducción de señales. Una de ellas se llama Rap. En el laboratorio del doctor Coso, el biólogo Daniel Hochbaum relata: “Estudiando la señalización entre dos moléculas, llamadas Epac y JNK, descubrimos que pese a lo que suponíamos, la cadena que las relaciona no pasa por Rap”. Como si en las filas de alumnos que juegan al “Pasala y que no vuelva”, uno de ellos fuera saltado. “La importancia de este descubrimiento habla de la diversidad de modo de señalización dentro de las células”, concluye.

da intracelular de información. Ella participa estimulando la proliferación o diferenciación celular. Pero una mutación puntual la lleva a que una vez encendida no se apague nunca y la célula se duplique incontroladamente dando lugar a un tumor.

Ras aparece en la lista de oncogenes por excelencia, junto con otras como Jun o Fos. Este listado incorpora nuevos integrantes a medida que los investigadores descubren alteraciones en el gen que pueden producir un tumor. El gen pasa a ser llamado oncogen. “Si bien las mutaciones ocurren en el ADN, la que funciona mal es la proteína. Ésta, ya sea por deficiencia o supereficiencia, no es normal”, explica.

Contra la habitual mala prensa de los oncogenes, el investigador se apura en aclarar que los oncogenes no son ni buenos ni malos. Su solo nombre genera temor o susto, cuando en verdad “nosotros somos resultado de ellos”, aclara. En este sentido, un gen –según indica-

puede estar alterado o funcionar mal y pasar desapercibido. Pero si justo está enganchado en el mecanismo proliferativo, estaremos seguramente ante la presencia de un tumor. “Ahí decimos que es un oncogen, cuando en realidad, en su funcionamiento normal, es el que permite el crecimiento. Si de algún modo quitamos ese gen del embrión, éste podría no haber llegado a adulto. El gen no es malo sino la mutación que sufrió”.

### ***Lista de sospechosos***

Sin duda conocer la intimidad de este mundo celular permite desentrañar cómo funciona el cuerpo humano sano, cómo se desarrolla y envejece o qué falla en caso de enfermedad. Esto desvela a los científicos que no pierden mirada a este microscópico mundo donde se tejen decisiones de vida o de muerte.

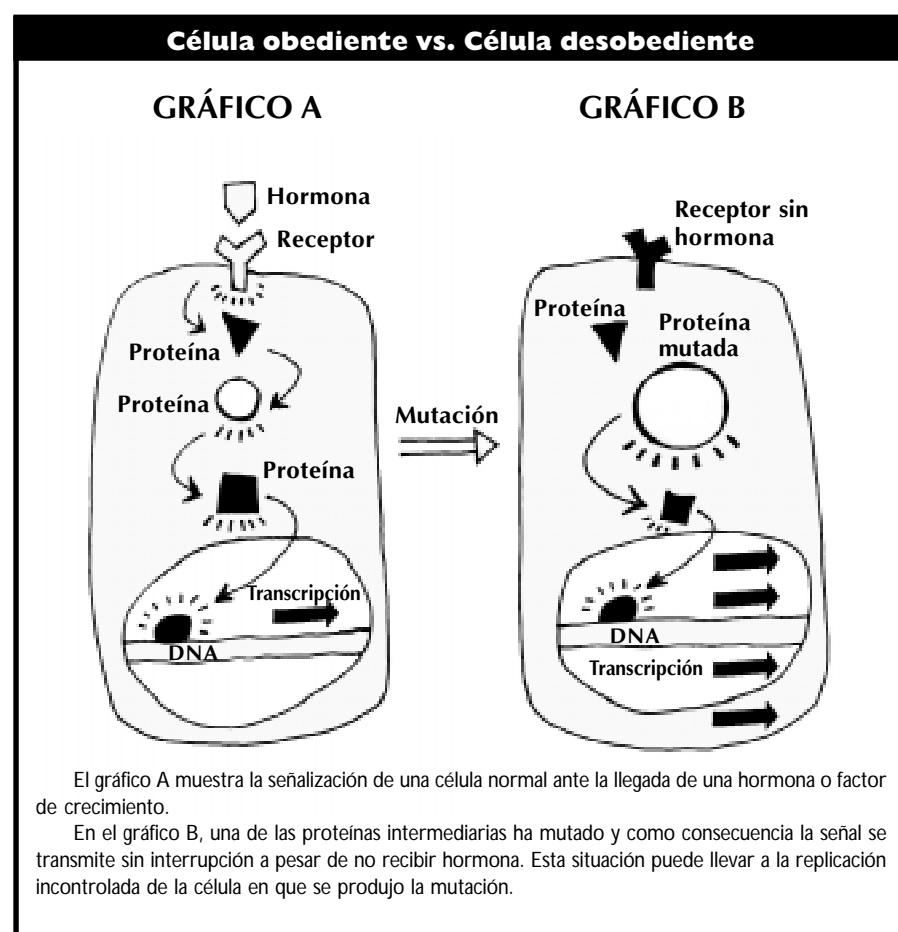
“Cuando se descubre cómo funcionan estos mecanismos que llevan a dar reacciones en



células proliferativas, generando posibles tumores, los científicos dan la señal de alerta. Y la sustancia en cuestión es colocada en la lista de sospechosas o se convierte en blanco farmacológico”, indica. La idea es advertir de la existencia de una proteína tal que si se la pudiera bloquear en un determinado momento, se evitaría la reproducción incontrolada celular causante de posibles tumores.

Precisamente un equipo de investigadores, conducido por Osvaldo Podhajcer, del Instituto de Investigaciones Bioquímicas de FCEN, venía desde hace años siguiendo el rastro de una proteína denominada SPARC, (ver Exactamente N° 9, “Una cuestión de piel”). La presencia de esta sustancia está aumentada en cánceres de colon, recto y en melanomas. Esta proteína formaría parte del ejército de infantería del tumor. Es la avanzada que facilita la posterior adhesión e invasión de las células malignas, además de impedir la acción de los mecanismos de defensa del organismo. Cortarle el paso a tiempo fue la estrategia. ¿Cómo lo hicieron? A través de técnicas de ingeniería genética bloquearon la producción de SPARC. Para ello primero habían aislado el gen que codifica a esta proteína y obtenido una copia a la que introdujeron información para anular la síntesis de esta peligrosa sustancia. ¿Los resultados? Las células cancerosas de piel genéticamente modificadas para no tener SPARC no proliferaron ni desarrollaron metástasis en un tipo especial de ratones.

La investigación tanto en Argentina como en otros países ha seguido sumando pistas. “Un grupo italiano demostró que la presencia de SPARC estaba asociada a un mal pronóstico de evolución de la enfermedad en lunares cance-



rosos”, dice Podhajcer, sin dejar de resaltar que estudios internacionales demostraron el rol central de esta sustancia en la capacidad invasiva de diferentes tipos de tumores. “Dos trabajos aparecidos en las últimas semanas realizados por grupos de Estados Unidos, especialistas en cáncer de mama y de cerebro, proponen que el gen SPARC debería ser visto también como un blanco terapéutico en esos tumores. Todos estos resultados –agrega– confirman nuestros trabajos previos realizados en melanoma humano”.

Si bien aún en este caso no se han iniciado ensayos clínicos en seres humanos, los logros son auspiciosos en los experimentos con animales de laboratorio. Estos alentadores resultados se suman a otros que en los últimos años han corrido el velo de este microscópico mundo celular, oculto durante siglos, y permiten comprender mejor qué funciona mal y desarrollar técnicas para volver a encaminar a estas células desobedientes, o al menos generar las condiciones para evitar que descarrilen. Todo un desafío. ■

María Victoria Canullo

# La ingeniera

por Guillermo Mattei\*  
gmattei@df.uba.ar

*Después de la década de los 90, nombrar a “la ingeniera” produce escalofríos. Ahora bien, hablar de una ingeniera graduada en la FCEyN parece un error. Sin embargo, María Victoria Canullo, astrofísica de formación y actual gerente de investigación y desarrollo de Aluar, es “la ingeniera” para la gente de la planta de esa empresa en Puerto Madryn. Pero en este caso, como en el de muchas otras ingenieras “de verdad”, su trabajo es en beneficio del país.*



Mediados de la década de los 90. Entre las cuerdas vibrantes y los láseres del Laboratorio de Enseñanza de Ondas del Departamento de Física de la FCEyN, la docente auxiliar María Victoria Canullo no pasaba desapercibida. Seguridad, formación y una promesa de gran futuro académico. Sin embargo, con todas las cartas a su favor, tomó una decisión trascendental: optar por un camino profesional no tradicional para un físico. Hoy María Victoria está instalada en Puerto Madryn y ocupa un cargo clave en la Gerencia de Investigación y Desarrollo de la empresa metalúrgica Aluar.

## El misterio del aviso clasificado

Allá por el 96, Canullo era becaria de investigación y estaba terminando su tesis doctoral en temas de física solar en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, UBA-CONICET) cuando, leyendo un diario ma-

tutino, se topó con un aviso clasificado que convocaba “físicos, químicos o ingenieros para radicarse en una importante compañía en el interior del país”. El misterioso aviso no indicaba el nombre de la empresa ni su rubro y ubicación, pero fue suficiente para llamar la atención de Canullo: “Decidí escribir sólo por curiosidad”, recuerda.

Al cabo de un mes, sonó el teléfono. Del otro lado de la línea, la psicóloga de la compañía la invitaba a una entrevista laboral. En realidad, transcurrieron varias entrevistas hasta que Canullo logró enterarse de cuál era la empresa que intentaba captarla: se trataba de la única productora de aluminio primario del país, Aluar Aluminio Argentino, radicada en la ciudad de Puerto Madryn, Chubut. María Victoria relata: “Yo estaba presentando un trabajo científico en un congreso en la Universidad de Saint Andrews (Escocia, Reino Unido) cuando reci-

bí la noticia de que me habían aceptado en Aluar, pero la condición era que ¡me tenía que mudar en quince días!”.

En ese momento tuvo ante sí el siguiente escenario: por un lado, una beca posdoctoral en su tema académico para desarrollar en Berna (Suiza) sólo por un año; por otro, un improbable ingreso a la carrera de Investigador Científico del CONICET (al menos en 1997); y, finalmente, una de las escasas convocatorias de la industria argentina a graduados en física ofreciéndole un puesto estable. Ella optó por el salto desde la academia a la industria. Mirado en retrospectiva, seguramente sus condiciones le hubieran abierto nuevas puertas académicas después de aquel posdoctorado en Suiza; sin embargo optó sin titubeos. “Luego de la invaluable comprensión tanto de mi director de investigación del IAFE como de mi nuevo jefe de Aluar, acepté el doble desafío: terminar

mi tesis académica en astrofísica y comenzar mi nuevo trabajo profesional". Finalmente, se doctoró en 1997 a la distancia, mientras trabajaba en la industria del aluminio.

### Una graduada de Exactas

¿De qué se trata el trabajo de Canullo? Su actual cargo en la empresa es el de Ingeniera de Procesos en la Fundición. Eso significa que, dentro del Departamento de Metalurgia de la Gerencia de Investigación y Desarrollo, se ocupa de temas tan variados como el desarrollo de nuevos productos (que incluye evaluación de nuevas aleaciones), ingeniería de equipos de solidificación y colada de aluminio, asistencia técnica interna y a los clientes, entre otras cosas.

El cambio de escenarios fue realmente muy grande. "Del ambiente académico de la Facultad pasé sin anestesia a un ámbito que, si bien posee un departamento dedicado a aspectos de investigación en metalurgia, requiere un trabajo muy importante en planta, concretamente en las fundiciones, donde ocurre el proceso de solidificación del aluminio", aclara María Victoria. Para dar una idea de lo que fue su primer año en Aluar, hay que situarse en una planta con unos novecientos empleados entre los cuales había sólo tres mujeres en tareas relacionadas directamente con la producción. Una mujer en ese ámbito no pasaba inadvertida, especialmente si vestía casco, anteojos y zapatos de seguridad.

El área en la que trabaja Canullo cuenta actualmente con diez personas, de las cuales seis son profesionales y tres de ellos, incluyendo a su jefe, son físicos. La ingeniera resalta el valioso aporte de sus compañeros, provenientes de varios puntos del país, para que su formación específica en metalurgia avanzara rápidamente. También destaca la importancia de su formación doctoral: "No importa en qué disciplina específica sea el doctorado, en la industria es muy valorado ya que ga-

### Cuando las monedas pueden levitar

En 1999, la sociedad *Ciencias y Artes Patagonia*, la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco y la Sociedad inglesa de difusión de la ciencia y ayuda comunitaria *Magic Penny Trust* de Londres fundaron *Magic Penny Patagonia* en la ciudad de Puerto Madryn.

¿Porqué *Penny*? El penique es una unidad monetaria que circula en la islas británicas desde hace más de dos mil setecientos cincuenta años. Inicialmente manufacturados en plata, luego en cobre y –en la época victoriana– en bronce, los peniques actuales son de acero electroplateado con cobre. Esta composición les confiere un valor agregado: tienen propiedades magnéticas. Las vistosas piruetas que se pueden hacer con monedas que "se pegan" fueron la excusa que encontraron los fundadores de la Magic Penny para atraer la atención de niños, padres y maestros y así poder divulgar ciencia.

Los peniques magnéticos se acuñan en Gales, pero la impronta galesa de Puerto Madryn se confunde con la de la propia Patagonia y entonces, inevitablemente, los niños involucrados en las actividades de Magic Penny Patagonia empiezan por las monedas magnéticas y terminan con las ballenas y los restos fósiles de los grandes dinosaurios.

Con la coordinación local del ingeniero electrónico y docente universitario Jorge Dignani y la astrofísica e ingeniera de procesos María Victoria Canullo, la Magic Penny Patagonia es una red de personas de todas las edades, que viven, trabajan o simplemente están interesadas en la Patagonia, en la explicación de la naturaleza y en aprender más acerca de la belleza de la ciencia, de su rol en la comunidad.

rantiza independencia y creatividad para resolver problemas".

Canullo trabaja en el mismo departamento desde hace más de cinco años y no sólo aprendió metalurgia, sino que logró crecer en sus posibilidades laborales y sociales. El hecho de relacionarse con gente con una formación más profesionalizada y trabajar en un ámbito donde el tiempo disponible para resolver los problemas es muy corto, asegura que le aportó gran flexibilidad y apertura mental.

### Aluminio y algo más

Puerto Madryn es una ciudad de sesenta mil habitantes, conocida por las ballenas que la visitan todos los años en las tranquilas aguas del Golfo Nuevo. "El entorno natural fue una gran motivación a la hora de comparar con la vida estresante de las grandes ciudades y tomar la decisión de aceptar este trabajo".

Una vez establecida en Madryn, Canullo –que también es egresada del Taller de Periodismo Científico de la FCEyN– no quiso dejar de realizar alguna contribución a la divulgación de la ciencia durante su tiempo libre. Es así que, con un grupo de voluntarios, creó una sociedad llamada *Magic Penny Patagonia* (inspirada en una sociedad similar inglesa), que fomenta la enseñanza de la ciencia, en especial de la física, matemática, ingeniería y diseño, mediante la "experimentación con las manos". En [www.magicpenny.org](http://www.magicpenny.org), Canullo publica sus trabajos de popularización de la ciencia llevados a cabo con escuelas locales y rurales de Chubut.

¿Y qué fue de la astrofísica, su primer amor? María Victoria lo aclara: "Por supuesto que el cielo limpio de la Patagonia me ayuda a seguir estando cerca de la astrofísica, pero mirándola desde otro ángulo". ■

\* Asistente de la Coordinación de los Laboratorios Básicos de Enseñanza del Departamento de Física - FCEyN

Capacidad sensorial en los animales

# Sexto sentido

por Susana Gallardo  
sgallardo@bl.fcen.uba.ar

*Abejas, vinchucas, cangrejos y serpientes, cada uno de ellos ha desarrollado sus sentidos para obtener del ambiente la información necesaria a fin de orientarse y procurarse el alimento. Mediante el estudio de la respuesta del animal a diferentes estímulos es posible conocer sus mecanismos de percepción. Algunos investigadores también indagan cómo los estímulos son almacenados en la memoria.*



“Los sentidos nos engañan”, decía el filósofo René Descartes, que estableció la duda como camino para llegar a la verdad. Pero, además de engañosos, los sentidos son limitados y parecen incapaces de percibir la totalidad de estímulos que ofrece la naturaleza. En efecto, si bien la capacidad humana para observar colores y formas difícilmente pueda ser superada por los animales, muchos de ellos están capacitados para percibir propiedades inaccesibles a los humanos.

Los sentidos dan forma al mundo que percibimos. Por cierto, si interrogáramos a un perro y a su dueño luego de realizar un paseo juntos, la descripción de la realidad que daría cada uno sería muy diferente. Mientras que el hombre hablaría de formas y colores, el perro haría una descripción basada principalmente en el olfato.

“Lo que sabe un animal de su entorno es aquello que sus órganos sensoriales le pueden ofrecer”, afirma el doctor Claudio Lazzari, docente en el Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEyN). “Dado que los organismos ocupan distintos ambientes y explotan recursos diversos, no es casual que sus sentidos estén ajustados a esos ambientes y manifiesten capacidades distintas a las nuestras”, expresa el investigador.

Ciertas especies pueden oír sonidos inaudibles para los humanos, por ser muy agudos o muy graves. Otros perciben la luz



ultravioleta. Pero también hay animales que pueden detectar el campo eléctrico, el calor radiante de un objeto, o ciertas propiedades de la luz como el plano de polarización.

#### GUIARSE POR EL SOL EN UN DÍA NUBLADO

Muchos animales se orientan en el espacio tomando el sol como referencia. Pero, ¿qué pasa si hay nubes? En 1949, Karl von Frisch demostró que las abejas pueden guiarse en un día nublado sólo si tienen acceso a una porción de cielo azul. La clave está en la forma en que nos llega la luz solar.

Al interactuar con las partículas de la atmósfera, las ondas luminosas se dispersan en distintas direcciones. Pero algunas ondas se propagan oscilando en un único plano, lo que significa que la luz se “polariza”. Las células del ojo de abejas, arañas y cangrejos pueden identificar ese plano, cuyo ángulo les permite deducir dónde se halla el sol, aunque se oculte tras las nubes. Asimismo, dado que la luz se polariza en un plano particular cuando choca con una superficie de agua, un insecto puede divisar un río o arroyo mientras vuela en busca de pareja o alimento.

Las abejas, al igual que muchos insectos, poseen un olfato muy desarrollado. “Una pequeña concentración de un olor determinado hace que modifiquen su comportamiento”, señala el doctor Walter Farina, del Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular de la FCEyN.

El fino olfato les permite detectar los diver-

Daniel Tomsic estudia cómo responde el cangrejo a determinados estímulos y, además, de qué manera aprende y guarda ese estímulo en su memoria. Para ello, los investigadores han diseñado un experimento que consiste en pasar por encima de la cabeza del animal una figura en movimiento. Ante esta visión, la respuesta es la huida. La razón es sencilla, su principal predator son las gaviotas. Pero si el estímulo es presentado en reiteradas oportunidades, el cangrejo aprende que no debe preocuparse, pues no se trata de un predator. Entonces se queda tranquilo en su sitio.

Si a los cinco días el animal vuelve a recibir exactamente el mismo estímulo, recuerda que no había peligro, y se queda “en el molde”.

“El cangrejo tiene un aprendizaje visual muy específico para el estímulo con el que fue entrenado”, explica Tomsic. El in-

vestigador analiza la respuesta y el aprendizaje del animal a nivel neuronal mediante técnicas de electrofisiología. Coloca un pequeño electrodo en una neurona del pedúnculo ocular y mide su actividad frente a la presentación repetida de un mismo estímulo, a intervalos diferentes. Así pudo comprobar que la neurona involucrada en la visión es la misma que memoriza la respuesta al estímulo.

Algo interesante que señala el investigador es que los cangrejos de la Bahía de Samborombón, por estar habituados a un ambiente de vegetación, aprenden rápidamente que un estímulo determinado puede no significar un peligro inminente. Sin embargo, otras especies que viven en zonas desprovistas de vegetación “saben” que cualquier cosa que se mueva por encima de su cabeza es un predator. Por lo tanto, siempre salen corriendo.

otros individuos de la misma especie. Una de las más conocidas es la secretada por la glándula de Nasanov, ubicada en la parte terminal del abdomen. Las obreras exponen la glándula al ambiente y dispersan los olores. De esta manera señalizan y orientan a sus compañeras hacia una fuente de alimento atractiva o hacia la entrada de la colmena.



#### Ver para recordar



#### OLORES Y RECOMPENSAS

En cambio otros compuestos producidos en glándulas mandibulares tienen un efecto repelente para las abejas, por lo que funcionan como señal de marcado negativo: indican que la fuente de alimento está agotada u ofrece escasa recompensa. También la glándula del aguijón produce una feromona de alarma y una inmediata respuesta defensiva.

“La liberación de feromonas se correlaciona con la recompensa que el insecto recibe, es decir, con la cantidad de néctar que les brinda una flor”, explica Farina.

El investigador estudia diversas conductas en las abejas, en particular la transferencia boca a boca que realizan las obreras cuando retornan a la colmena cargadas de néctar, y lo traspasan a otros individuos encargados de convertir ese líquido en miel.

Pero esa transferencia es más que una simple descarga de alimento. Según Farina, ese comportamiento se relaciona con la experiencia previa. Si la abeja encuentra una fuente muy rica en néctar, carga mayor cantidad y la traspasa con rapidez. La velocidad es menor si el alimento hallado es escaso.

La colmena, además de vivienda, es un centro de intercambio de información. “La transferencia de néctar informa, a través del olor, sobre el tipo de fuente. Pero también ofrece un dato cuantitativo, el ritmo acelerado o lento habla de la cantidad de azúcar disponible en las flores”, resume Farina.

#### SENSORES DE TEMPERATURA, RADARES Y OTRAS “TECNOLOGÍAS”

Mientras que el olfato y la visión muy desarrollados hacen posible que las abejas se orienten en el espacio y recorran largas distancias

para encontrar alimento, otros animales requieren sentidos especiales para identificar su presa aun cuando ésta se halle oculta tras la vegetación. En efecto, algunas serpientes poseen órganos especializados para detectar cuerpos que se encuentran a mayor temperatura que su entorno.

Ciertos insectos hematófagos, como las vinchucas, también cuentan con esa capacidad, y pueden percibir la radiación infrarroja que emiten los animales de sangre caliente de los cuales se alimentan. “En esta tarea muestran la mayor sensibilidad térmica conocida hasta el presente en animales”, asegura Claudio Lazzari.

Dado que este insecto posee además una fina sensibilidad a los olores, el investigador estudia qué olores son relevantes y cuáles pueden evocar una respuesta de atracción. Para Lazzari es importante entender cómo las vinchucas obtienen y usan la información del ambiente a fin de localizar recursos.

Recientemente los investigadores hallaron que estos insectos poseen ‘relojes’ que gobiernan muchas de sus respuestas. “La vinchuca muestra gran actividad al comienzo y al final de la noche, y durante el día está inactiva”, explica Lazzari.

Los recursos que emplean los animales para detectar sus presas son muy variados. El mur-



Polarización en la atmósfera: La luz no polarizada del sol se dispersa en las partículas de la atmósfera en distintas direcciones, con diferente grado de polarización.



ciélago, por ejemplo, emite sonidos de alta frecuencia y es capaz de analizar el eco, con lo que obtiene información del ambiente en la oscuridad total. Así, no sólo evita obstáculos en su vuelo, sino también puede reconocer una presa y saber en qué dirección se desplaza o si el aleteo pertenece al de su “plato” preferido.

Algunas de esas presas, como ciertas mariposas, aprendieron no sólo a reconocer el grito del murciélago sino también a desplegar estrategias de evasión. Algunas cierran sus alas y se dejan caer. Otras cambian bruscamente la dirección del vuelo, o emiten un chasquido que confunde al predador.

En cuanto a la orientación espacial, ciertas aves pueden escuchar sonidos muy graves, que llegan lejos, y ello les permite guiarse a través de grandes distancias. Otras, en cambio, utilizan como referencia el campo magnético terrestre.

#### LA VISIÓN DE LOS CANGREJOS

Pero lo que muestra de manera clara que, en función de la selección natural, los sentidos de los animales están adaptados a sus necesidades es el sistema visual de los cangrejos. Dado que estos crustáceos tienen hábitats muy diferentes, sus sistemas sensoriales se adaptaron a los distintos ambientes.

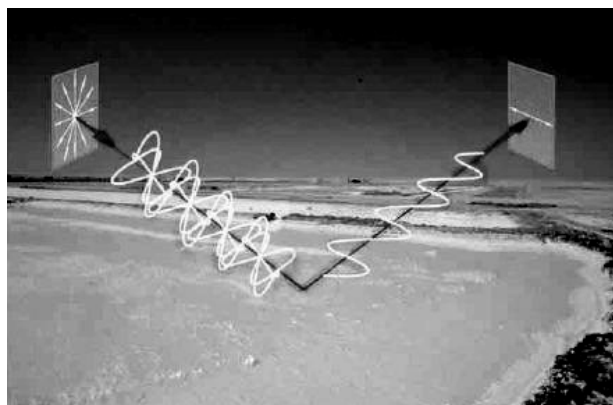
Ciertas especies viven en el fondo del mar, otras en la playa, en la montaña, y hasta hay algunos que se alojan en lo alto de las palmeras. El que vive a mucha profundidad no necesita un sistema visual muy desarrollado porque allí casi no llega la luz. En cambio, los que residen en la playa, expuestos a las aves predatoras, requieren gran agudeza visual. Incluso, es diferente el animal que habita en una playa plana, de aquél que deambula entre las rocas y la vegetación. “En un ambiente plano, los cangrejos

suelen tener los ojos más elevados y juntos, lo que les permite ver más lejos”, señala el doctor Daniel Tomsic, docente en el departamento de Fisiología y Biología Molecular y Celular de la FCEyN.

Además, los cangrejos que viven en lo llano tienen una zona de máxima sensibilidad en una región en torno al ecuador del ojo. En ese paisaje no suele haber elementos de interés para el animal por encima o por debajo de la zona sensible. En cambio, en ambientes rocosos y con mucha vegetación, el animal, por ejemplo, puede hallarse arriba de una roca e interesarse por una hembra que se encuentra abajo. “Por eso los cangrejos que viven en ambientes más complejos poseen una distribución homogénea de la sensibilidad visual”, indica Tomsic.

Pero ¿cómo se estudia la visión del cangrejo? Los ojos de estos animales están montados en pedúnculos móviles. Si se le presentan diferentes estímulos visuales y se analizan los movimientos de los pedúnculos, se puede determinar si el objeto mostrado cae dentro o fuera del área de sensibilidad del ojo. Pero los investigadores también analizan la visión del cangrejo desde la perspectiva neuronal, a fin de determinar qué neuronas se hallan involucradas en la visión y cómo se produce la memorización del estímulo percibido (ver recuadro pág. 23).

Muchos animales ven, oyen y huelen de manera muy diferente que los seres humanos. Incluso algunos poseen “sextos sentidos” que les permiten percibir propiedades de la naturaleza a las que nosotros sólo accedemos mediante dispositivos especiales. La capacidad sensorial de estos organismos no es más que una adaptación al ambiente, resultado de millones de años de evolución. ■



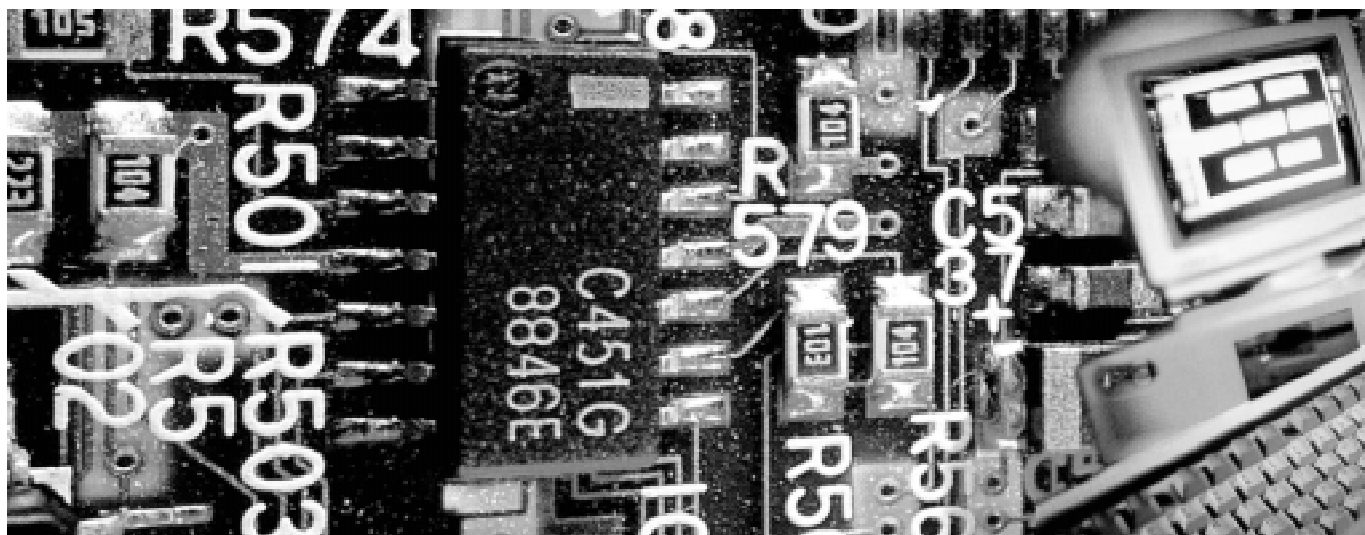
Polarización en el agua: La luz no polarizada se refleja polarizada en una superficie de agua, en particular con un ángulo de 53 grados. La mayor parte de las ondas de luz se propagan polarizadas en forma horizontal. El insecto ve luz polarizada en un plano horizontal y “sabe” que se trata de un cuerpo de agua.

EI PABI

# La revolución que no fue

por Verónica Engler  
vengler@bl.fcen.uba.ar

*En la década del 80, las dictaduras militares de América del Sur llegaban a su fin. Entonces, se creía que el desarrollo nacional de la ciencia y la tecnología permitiría el crecimiento autónomo de las flamantes democracias. En este clima de época se inscribió el Programa Argentino Brasileño de Informática.*



Hace tan sólo dos décadas, los países del Cono Sur comenzaban a abandonar los regímenes militares que se habían establecido cruentamente en la región. La Argentina inició su transición democrática a fines de 1983 con el gobierno encabezado por Raúl Alfonsín. El entusiasmo y la alegría que predominaban en el ánimo colectivo marcaron una época de encuentros, renovación y nuevos bríos también para la ciencia nacional. Volvían del exterior muchos de los científicos exiliados y retornaban a las aulas aquellos académicos que durante los años de plomo habían tenido que confinar sus saberes en algún intersticio poco visible.

Los golpes de estado fueron una constante para muchos países latinoamericanos durante el siglo XX. Por eso, una de las inquietudes primordiales de las flamantes democracias de la región era crear las condiciones adecuadas para

sostener el sistema de gobierno sin interrupciones dictatoriales.

Esta preocupación por la continuidad democrática estaba íntimamente relacionada con el tema del desarrollo autónomo de los pueblos que desde los años 70 venían planteando muchos de los países que no se hallaban alineados ni con EEUU ni con la (ya extinta) URSS. En aquel momento, muchas de las naciones en vías de desarrollo comenzaron a vislumbrar un camino hacia la propia autonomía a partir de las posibilidades que abría la llamada Tercera Revolución Industrial (3RI). Este concepto – acuñado en esa época – se refería al advenimiento de un nuevo paradigma económico-tecnológico de acumulación capitalista que tenía como factores claves a la informática, la biotecnología y los nuevos materiales. En este nuevo modelo, las “ventajas comparativas” se trasladan desde las riquezas naturales hacia el dominio de la

ciencia y la tecnología. Si bien las creencias en torno a la 3RI despertaban cierta desconfianza, para las naciones “periféricas” este nuevo paradigma significaba la posibilidad de crecer económicamente sin tener que finalizar la etapa de industrialización que habían alcanzado los países “centrales” (ver recuadro “Políticas Nacionales de Informática”).

Con estas ideas en danza alimentando el clima de época, durante el gobierno liderado por Alfonsín fue nombrado al frente de la Secretaría de Ciencia y Técnica (SeCyT) el doctor Manuel Sadosky, quien había ocupado el cargo de vicedecano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA hasta la trágica «Noche de los bastones largos», en 1966.

Sadosky, doctor en ciencias físico-matemáticas, fue uno de los científicos de la FCEyN que, a fines de la década del 50, participó en la

creación del Instituto de Cálculo con la intención de impulsar la matemática aplicada y la informática. De hecho, en este instituto se instaló en 1960 la primera computadora en una universidad latinoamericana.

En relación con la actividad informática argentina y con el interés sostenido que tenía sobre este campo, el secretario de Ciencia y Técnica promovió en 1984 la creación de una Comisión Nacional de Informática, cuyo objetivo era establecer las bases para un plan nacional de informática y tecnología.

Dentro de este marco nacieron la Escuela Superior Latinoamericana de Informática (ESLAI) y el Programa Argentino-Brasileño de Informática (PABI). Ambas iniciativas apuntaron a formar personas con sólido dominio de la informática y capaces de desempeñarse como docentes e investigadores, para estar en condiciones de satisfacer las necesidades del desarrollo en América Latina. “Entonces se planteaba la posibilidad, además de la necesidad, de abordar el tren de la tercera revolución industrial, sobre todo para países como Argentina por su capacidad instalada y por su generación de materia gris –explica Raúl Carnota, matemático egresado de la FCEyN y uno de los profesores que integró el PABI–. Esta era una creencia que estaba muy en boga en los cuadros técnicos y científicos del movimiento alfonsinista, que se plegaron con mucho entusiasmo a la idea de promover este salto en el país a partir del retorno a la democracia.”

### **Informática mirando al sur**

En enero de 1985 llegó a Buenos Aires una delegación brasileña encabezada por el Secretario Especial de Informática de Brasil, para reunirse con el subsecretario de informática de Argentina, el abogado Carlos Correa. Entonces, se firmó un memorándum de entendimiento entre los dos países, en el que se plan-

### **Políticas Nacionales de Informática**

El neoliberalismo en cierne a principios de los años 80, con los gobiernos de Ronald Reagan y Margaret Thatcher a la cabeza, todavía dejaba oír los ecos de las demandas que las naciones “periféricas”, agrupadas en el movimiento de Países No Alineados, comenzaron a incluir en el debate internacional sobre la democracia en la década del 70.

La incorporación de las nuevas tecnologías en comunicación e información había llevado a la realización en 1978 de la Primera Conferencia Intergubernamental sobre Estrategias y Políticas de Informática, convocada conjuntamente por la UNESCO y la *Intergovernmental Bureau of Informatics* (IBI), que tuvo lugar en Torremolinos (España). En esta reunión las naciones del Tercer Mundo expusieron su preocupación por la disparidad existente entre las posibilidades que ofrecía la informática en distintos niveles y los grandes peligros que entrañaba en términos de afianzamiento de las injusticias y desigualdades existentes a nivel político, económico, social y cultural en el interior de las sociedades. También advirtieron cómo la informática ayudaba a la consolidación del sistema transnacional, afectando la soberanía nacional de estas regiones. Esto se reflejaba, entre otros aspectos, en los flujos de información transfronterizas y en la dependencia informativa de los países periféricos respecto de los bancos de datos manejados por las corporaciones transnacionales.

Por eso los Países No Alineados señalaron la importancia de realizar una reestructuración, a fin de crear las condiciones que garantizaran la integración de los nuevos instrumentos para el procesamiento de información, en función de las necesidades de desarrollo de cada nación.

teaba la formación de recursos humanos, la promoción de proyectos de desarrollo con participación del sector productivo y la creación de un grupo binacional de investigación en tecnología de punta, que pronto se convirtió en un proyecto más ambicioso: el PABI. Este programa, cuyo objetivo era crear una masa crítica de investigadores a nivel regional, se desarrolló durante diez años a través de las Escuelas Brasileño Argentinas de Informática (EBAI) y del grupo binacional de investigación.

Hasta el recambio gubernamental del año 89 las EBAI se realizaron anualmente durante el verano con sede rotativa en uno u otro país. En estos encuentros una masa importante de estudiantes y recién graduados de las carreras informáticas accedieron a contenidos de frontera dictados por investigadores. El diseño original contempló la presencia de 250 estudiantes becados por país. En todos los casos, los responsables de un curso debían escribir un libro original con el contenido del mismo. Estos libros fueron constituyendo una biblioteca original de temas avanzados de informática que llegó a tener más de cincuenta volúmenes.

El llamado a inscripción para participar de las escuelas era público y abierto en todas las universidades de ambos países. En paralelo a las EBAI se realizaron los Encuentros de Investigadores, con el fin de fomentar el armado y seguimiento de proyectos conjuntos.

Raúl Carnota –quien participó del grupo binacional de investigación coordinando el área de inteligencia artificial– distingue dos etapas en los diez años de vida del PABI. “El primer período, que abarca desde 1985 hasta 1989, está marcado por el compromiso personal de los artífices del proyecto, la inserción académica y profesional y el fuerte apoyo de la SeCyT” (ver recuadro “Carnaval en Río Hondo”). Durante la segunda etapa, que comienza con el



## Carnaval en Río Hondo

La escasez de recursos financieros del lado argentino fue una constante durante los diez años de vida del PABI. Pero hasta mediados del año 1989 –hiperinflación y recambio adelantado de gobierno mediante– el tema presupuestario no fue óbice para realizar las actividades previstas en el programa. Una muestra del ímpetu que impulsaba a los responsables del proyecto se evidenció durante la cuarta EBAI, que se realizó en el verano del 89 en Río Hondo, Santiago del Estero. En ese momento los organizadores del encuentro se planteaban dónde realizar un evento de esa envergadura en Argentina con un presupuesto acotado. Luego de someter a un atento escrutinio el mapa del país, fue seleccionada la ciudad de Río Hondo: turística por sus aguas termales, pero escasamente visitada durante el periodo estival debido a sus altas temperaturas. “Claro, los hoteles en Río Hondo en enero están vacíos, por lo tanto los precios se podían negociar bien y el resto era cuestión de ponerse shorts, porque había temperaturas de cuarenta grados a la sombra... y cuando estaba fresco -rememora risueño Carnota-. Aparte, como estábamos en la época en que había cortes de energía programados, y algunos no tan programados, las clases se daban, no sólo en shorts, sino además con un farol de gas de garrafa apoyado en el proscenio, por si había un corte de luz en medio de la clase”.



gobierno de Carlos Menem, cambian las autoridades en Ciencia y Técnica y, según observa el investigador, el programa se debilita hasta desaparecer en 1995.

Hoy, Manuel Sadosky, el gran impulsor de aquella experiencia binacional, analiza esa época sin nostalgia. Para el profesor emérito de la UBA, la reciente victoria electoral de Luiz Inácio Lula da Silva en Brasil augura buenos momentos para la región en su conjunto. “El triunfo de Lula es un cambio que puede repercutir mucho en la Argentina. Sin duda se van a poder retomar proyectos como el PABI y mucho más. De todo hay que aprender una lección, no se trata de imitar a nadie sino de aprovechar esta oportunidad histórica con la experiencia que ya tenemos”, comenta entusiasmado y agrega: “Si se ponen de acuerdo, la Argentina y Brasil son una potencia, y no necesitan depender de que les presten unas libras o unos dólares”.

## El nuevo mundo

Carnota “vuelve” en la actualidad a la experiencia del PABI no sólo a través de los recuerdos, sino también de las investigaciones que lleva a cabo en el marco de la maestría en Epistemología e Historia de la Ciencia que realiza en la Universidad de Tres de Febrero. “El 89 es un año en que en la Argentina se producen cambios. En julio asume Carlos Menem, la SeCyT pasa a depender directamente de la presidencia (antes estaba en el Ministerio de Educación). Por otra parte, (la secretaria) es entregada a un sector marginal dentro del peronismo, que es el peronismo católico, tradicional, de la extrema derecha, que en algunos casos había estado vinculado al proceso”.

El doctor Raúl Matera se hace cargo entonces de la SeCyT y el computador científico egresado de la FCEyN Carlos Sassali asume la

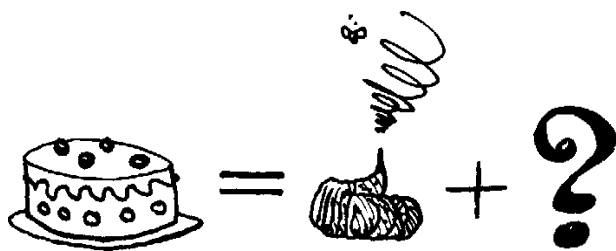
Subsecretaría de Informática. A continuación, todo el equipo de computación vinculado al PABI es removido y se designa como coordinador al ingeniero Rafael Galli. Simultáneamente se inicia una especie de investigación “para ver si se encontraba algún tipo de malversación de fondos, que acabó en nada, pero se puso en estado de sospecha todo lo realizado”, señala Carnota, quien para esa época ya había sido separado del proyecto. “De todos modos, el programa continúa y en noviembre de ese año se hace una reunión con el sector brasileño. La idea con respecto a los proyectos de investigación era barajar y dar de nuevo”.

Durante los años 91 y 92 el PABI permanece prácticamente sin actividades. El testimonio de esta parálisis aparece detallado en el magro balance que se redacta hacia finales del bienio: el informe que presenta la parte brasileña es de apenas cinco líneas.

A partir de entonces las EBAI cambian su carácter inicial: ya no hay más estudiantes de grado, sino sólo egresados y estudiantes de posgrado (diez por país y por cada actividad) y un acápice por el cual se privilegia una cuota del 20 por ciento de becas para profesionales que trabajaban en empresas. En paralelo con la sexta y última EBAI –que se realiza en el 93– se hace también el encuentro de investigadores, pero de lo que se resuelve ahí no hay ninguna consecuencia porque el presupuesto se había cortado.

Durante los dos últimos años de vida agónica del PABI las personas que estaban a cargo del programa fueron enviadas a diseñar el plan de sistemas del CONICET, ya que el proyecto binacional estaba prácticamente finalizado. Para esta época, buena parte del sustento ideológico y conceptual que había dado nacimiento al programa había desaparecido. “El contexto había cambiado. El conjunto de principios de los 80, razonablemente favorable a este tipo de emprendimientos, en la década del 90 ha desaparecido, empieza el auge del neoliberalismo –sintetiza Carnota-. Se cae la idea de que es posible sostener la carrera tecnológica contra el Primer Mundo”. ■

## El principio de conservación de la materia que no se aplica



El tópico le encanta a los psicopedagogos, y con Piaget debajo del brazo suelen someter a los niños a preguntas inverosímiles del tipo: "Y si trasvaso el agua a esta jarra, ¿tengo más agua que antes? ¿Igual?, ¿menos?". No cabe duda: el principio de conservación de la materia le encanta a todo el mundo porque, claro, es sencillísimo. Dice algo más o menos así: la materia no se crea ni se destruye; en una transformación cualquiera, si tengo una cantidad de materia antes, tendré la misma cantidad después.

Pero créame, por sencillo que sea, el común de la gente —empezando por los psicopedagogos— no lo entiende. Haga si no esta sencilla prueba. Plántele a un vecino cualquiera, independientemente de su instrucción y profesión, esta cuestión por demás simple y cotidiana: un hombre in-

giere diariamente un promedio de 600 gramos (números redondos) de alimentos secos. Unos 100 gramos (números redondos y repugnantes) se van con las heces (ya he descontado el agua). ¿Dónde está el medio kilo que falta?

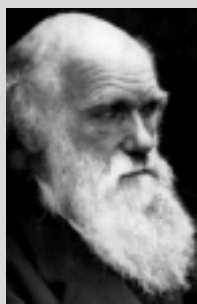
Una buena cantidad de respuestas sigue este estilo: "Se convirtió en energía". Pero usted no afloje, retruque: "¿Se convirtió en energía según la ecuación de Einstein,  $E=mc^2$ ? No, mi viejo, eso pasa en el núcleo de las estrellas y en las centrales nucleares, pero no en nuestro intestino. Y no hay otro modo de convertir materia en energía". Notará que su interlocutor se sonroja y que cae en la cuenta de que las cantidades no le cierran. Y que entra en conflicto con el principio de conservación de la materia pese a que come y defeca

diariamente desde que tiene memoria... y también antes.

Su amigo insistirá con el cuento de la energía y de que come para vivir y un montón de otras vueltas y variantes, pero la ecuación seguirá sin cerrar. Es muy fácil, ponga lo siguiente. Por un agujero metés en tu cuerpo 600 gramos. Ya tenés otro agujero por el que sacaste 100. Te falta algún agujero para sacar los 500 restantes. Pero todo será inútil. Por simple que sea el principio de conservación de la materia pareciera no resultar con su amigo. Recién entonces señálese la nariz (número vivo) y cuénteles que era ése el agujero que le faltaba. Y explíqueles el asunto de la respiración.

Infórmele que entre cada inspiración y expiración hay una pequeña diferencia de masa. Que si suma todas esas diferencias a lo largo de un día alcanzará unos 500 gramos (números gaseosos). Aclárele que en cada exhalación sale de su cuerpo un poquito de  $CO_2$ , unos 30 miligramos. Que este gas no es otra cosa que la galletita que comió a la mañana, sólo que volatilizada después de haberla quemado. Y concédale, claro, que realizó esa quema para extraerle energía química al alimento (número puesto), pero adviértale que esa energía no pesa nada. No es materia, ni al principio de conservación le hacía falta.

### Frases Imperdibles



*"La ignorancia produce confianza más frecuentemente que el conocimiento: son aquéllos que saben poco,*

*no los que saben mucho, los que con tanta seguridad afirman que tal o cual problema no será resuelto nunca por la ciencia."*

Charles Darwin,  
Naturalista Inglés  
(1809-1882)

### Procedimiento vs. resultados (por Claudio Sánchez)

¿Cuánta importancia hay que darle a los resultados numéricos al corregir un examen de física? Suele decirse que, aunque los resultados sean errados, si el procedimiento es correcto el problema se puede considerar "bien" o "casi bien". Ahora, teniendo en cuenta que las cuentas se hacen con calculadora, difícilmente un problema pueda tener el procedimiento bien y los resultados mal. Y, por otra parte, los resultados de un problema son, en cierta forma, parte del problema. Véase, si no, el siguiente caso real.

En julio del 83, un Boeing 767 de Air Canadá que volaba entre Ottawa y Edmonton se quedó súbitamente sin combustible. Afortunadamente, el piloto del avión pudo volar el aparato con sus motores apagados hasta una pista cercana y aterrizar sin víctimas.

Ahora bien ¿cómo un avión tan moderno puede quedarse sin combustible en pleno vuelo? Todo comenzó en tierra, durante la escala en Ottawa, cuando se descubrió que los indicadores de combustible del avión habían dejado de funcionar y se recurrió a un sistema manual que, básicamente, consiste en controlar el nivel de combustible en los depósitos con un flotador.

Este sistema permite conocer los litros de combustible del depósito. Como se sabía que el 767 necesitaba 20.000 kg para completar el viaje, había que hacer la conversión entre volumen y peso, multiplicando o dividiendo por la densidad del combustible.

En 1983, Canadá, que tradicionalmente empleaba el sistema inglés de medidas, estaba adoptando el sistema métrico. Los técnicos no estaban muy familiarizados con el nuevo sistema y realizaron los cálculos con una densidad de 1,77 libras por litro en vez de la correcta: 0,8 kg por litro. De esta forma, los técnicos sobrevaloraron la cantidad de combustible existente y subvaloraron la cantidad a reponer, por lo que el avión despegó con menos de la mitad del combustible necesario.

La próxima vez que un alumno reclame por una calificación demasiado severa, recuérdese a los pasajeros del vuelo de Air Canada.

## Semanas de las ciencias

Exactas de *parenpar*por Cecilia Draghi [cdraghi@bl.fcen.uba.ar](mailto:cdraghi@bl.fcen.uba.ar)

*¿A quién le importa la vida íntima de la célula, el átomo o la molécula? ¿Interesan las charlas sobre ecuaciones, algoritmos, clima o la edad de la Tierra? Sí, a miles de personas, como probó la gran concurrencia que asistió a las semanas de la matemática, la química, la física, la biología, la computación y las ciencias de la Tierra desarrolladas a lo largo de este 2002 en los pabellones I y II de la Facultad.*

Réplica gigante de un volcán, visitas a la Estación Meteorológica, fútbol de robots, tours a laboratorios de investigación, experimentos en escena, festival de problemas, charlas, debates, obras teatrales y todo lo que siempre se quiso preguntar a un científico tuvieron lugar en las semanas de la matemática, la química, la física, la biología, la computación y las ciencias de la Tierra desarrolladas a lo largo de este 2002 en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

A la habitual concurrencia de la Ciudad Universitaria se sumaron numerosos contingentes de micros de escolares venidos desde el interior del país, el Conurbano Bonaerense y de colegios porteños; además de visitantes de distintas edades, curiosos por echar mirada al microscopio, viajar por los confines del átomo, husmear el mundo de minerales y fósiles, hurgar en cómo hacer química sin ensuciarse las manos, sin olvidar asistir a la demostración de «Giróscopos y bicicletas», así como participar de juegos en 3D o descubrir secretos de las entrañas de la tierra.



“La idea es mostrar la ciencia desde donde se genera el conocimiento. Es retomar la función social que la base del estatuto universitario le ha fijado a la UBA desde siempre”, destaca



Cecile Du Mortier, secretaria general de la Facultad, y coordinadora de estas semanas de entrada libre y gratuita que abrieron las puertas a la cocina de la ciencia, para compartir el banquete de conocimientos así como los interrogantes permanentes y respuestas a sabiendas transitorias. “¿Quién mejor que nosotros para contar todo aquello relacionado con la célula? ¿O para mostrar cómo los temas científicos están instalados en la vida cotidiana?”, desliza sobre estos encuentros que se realizaron por segundo año consecutivo.

En el 2002 se sumó la Semana de la biología a las otras cinco disciplinas que ya el año pasado habían acaparado gran atención. “El número de visitantes aumentó en algunas actividades en relación con el año pasado. Incluso hemos empezado a tener demanda antes de la oferta”, describe. A principio de año, los colegios solicitaron turnos para las visitas guiadas y algunos asistieron religiosamente a todas las semanas, según destaca Josefina Martínez, estrecha colaboradora en estas lides.

La realidad superó con creces las expectativas con un promedio de mil a tres mil concurrentes por actividad, quienes salieron más que satisfechos de acuerdo con una encuesta efectuada a los docentes de colegios visitantes. Ellos hacen grandes esfuerzos para que sus alumnos

## Mes a mes

Abril despuntó el calendario 2002 con la Semana de matemática. Del 22 al 26 fue un festival de problemas, encuentros cercanos con computadoras y museo interactivo.

Mayo fue para la química. Del 13 al 17: la feria de las ciencias, las visitas a laboratorios y las actividades interactivas fueron la fórmula que también tuvo exposición de libros y recorridos por la Biblioteca Central “Luis E. Leloir”.

Junio sólo tuvo ojos para la física. Del 10 al 14, experimentos demostrativos, actividades interactivas, además de charlas y posters, presentes en todas las semanas, atrajeron todas las miradas.

Septiembre lo acaparó biología. Del 24 al 27 hubo tours por los laboratorios de investigación, visitas a la biblioteca central, no faltaron demostraciones, ni tampoco obras de teatro.

Octubre se repartió entre computación y ciencias de la Tierra. Del 8 al 10, el mundo informático hizo de las suyas con fútbol de robots, juegos en 3D, talleres interactivos. Y del 23 al 25, rocas, fósiles y minerales estuvieron al alcance de la mano. Además fue posible ingresar a la Estación Meteorológica o mantener comunicación directa con la Antártida.



del secundario o de los últimos años del EGB asistan a estos encuentros.

La recorrida por el hall central para observar stands, maquetas o posters no sólo establece un puente con la sociedad, sino que también sirve de gran intercambio interno. A veces un investigador no sabe qué está haciendo otro, quien trabaja dos pisos más abajo de su laboratorio, y estas semanas permiten que se conozcan.

#### Rompiendo la Torre de Cristal

“Claro que esta cultura puede tener problemas. Estimula el triunfalismo y la publicación de asuntos que, aunque no son trascendentes... pueden resultar buen tema de conversación.

“Pero, precisamente, si algo está claro es que, más allá de los detalles, para que la ciencia se desarrolle hay que hablar de ella. En los cafés, en los programas de la tarde, en las reuniones familiares.

“Si la ciencia se recluye en una torre de cristal, está poniendo en peligro su propio futuro. Y todo nos lleva a pensar que si el país resigna la ciencia... también”, dijo la periodista especializada en ciencia Nora Bär, al ser incorporada en la Academia Nacional de Periodismo en octubre último. Precisamente estas semanas de diferentes disciplinas son el mejor antídoto contra cualquier torre de cristal.

#### Balance positivo

Los resultados de estas semanas fueron más que auspiciosos porque se produjo el encuentro entre científicos y la gente. “El investigador sale por un rato del laboratorio, cuenta lo que hace y lo muestra muy bien, además de ser muy bien aceptado”, relata Du Mortier.

Cara a cara con investigadores apasionados por su quehacer, con un fuerte sentido de pertenencia a esta casa de estudios transmitida en cada una de las diferentes charlas, este ciclo demostró la existencia de un lenguaje común, compartido con el auditorio ávido por saber qué se está haciendo en ciencia. “Hubo buena respuesta por parte de los asistentes”, evaluó Claudio Lazzari, del departamento de Biodiversidad y Biología Experimental. “En especial –indicó– durante los recorridos por los laboratorios, los chicos mostraron gran interés”. Otro tanto opinó Sergio Daicz, del departamento de Computación, quien participó de la charla de “Fútbol de robots”, y consideró a la experiencia como muy positiva.

Para Mario Marconi, profesor de física, “estas semanas permiten dar a conocer otra visión de la ciencia, que en general es deficitaria”, dijo. “No sólo vienen estudiantes secundarios, sino padres de chicos que cursan en la Facultad, o alumnos más avanzados permitiendo así conocer un panorama general de la carrera”, estimó el geólogo Daniel Pérez, del laboratorio de Tectónica Andina. ¿Un dato? “El stand más visitado por los chicos fue el de los dinosaurios y fósiles. Y esto hay que agradecerse a Spielberg”, agregó, en alusión al filme Jurassic Park.

Sin duda, darse a conocer y mostrar lo que se hace fueron las premisas, tal como destaca Du Mortier: “Se puede no entender nada de música, ni saber qué es la armonía o el timbre de un instrumento, pero se puede disfrutar un concierto. De alguna manera, uno debe hacer que la gente escuche la música que hacemos”. Por cierto que lo lograron. El 2003 traerá, por tercera vez consecutiva, la ciencia a toda orquesta. ■

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

FACULTAD de

CIENCIAS  
EXACTAS  
y NATURALES



CARRERAS  
DE GRADO

BIOLOGÍA

COMPUTACIÓN

QUÍMICA

FÍSICA

MATEMÁTICA

GEOLOGÍA

CS. DE LA ATMÓSFERA

OCEANOGRAFÍA

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PALEONTOLOGÍA

Ciudad Universitaria  
Pab. II, C1428EHA,  
Capital Federal

Departamento de Alumnos  
4576-3339

Dirección de Orientación Vocacional  
4576-3337

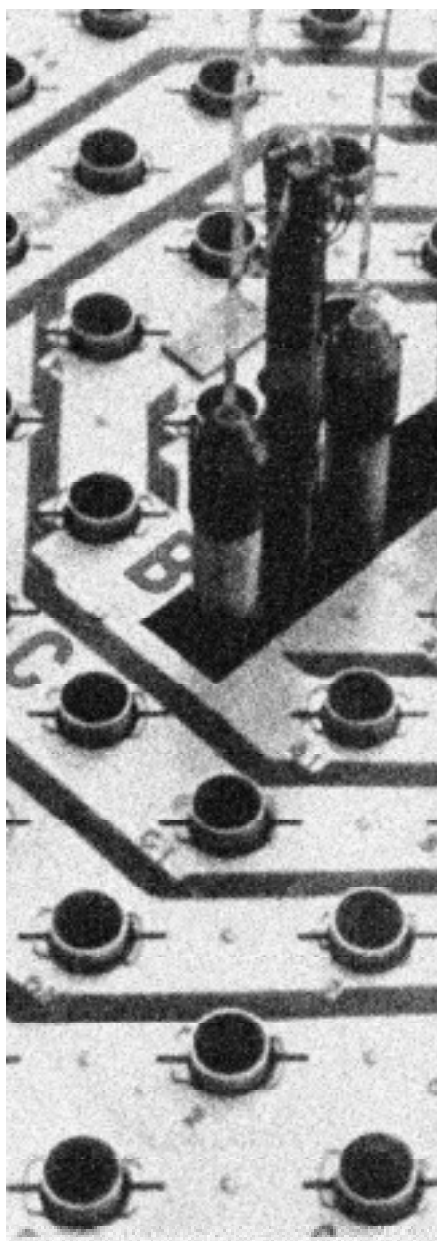
<http://www.fcen.uba.ar>

Conferencia de Bariloche

# Uranio para la paz

por Verónica Engler  
vengler@bl.fcen.uba.ar

*En noviembre se realizó en Bariloche la 24ª Conferencia Internacional sobre RERTR, un programa cuyo objetivo es bajar el enriquecimiento de uranio en los combustibles de reactores nucleares de investigación. Este año, la Argentina anunció desarrollos científicos que implican importantes avances para este proyecto.*



La disolución de la URSS en la década del 90 y los atentados perpetrados el 11 de septiembre de 2001 en Estados Unidos son los dos hitos que marcaron fuertemente el final del siglo XX y el comienzo del Tercer Milenio. Si el primero de estos hechos vino a redefinir las fronteras geopolíticas del mundo, los ataques terroristas del año pasado son parte de este nuevo "orden global".

En este escenario, uno de los focos de atención de EEUU está puesto en los materiales de uso civil susceptibles de ser captados con fines bélicos, como el uranio altamente enriquecido (HEU, por su sigla en inglés) que todavía se utiliza como combustible en algunos reactores nucleares de investigación. Pero esta preocupación no responde únicamente a la coyuntura post Guerra Fría. Ya en 1978 el Departamento de Energía de EEUU lanzó el programa Reduced Enrichment for Research and Test Reactors (RERTR), cuyo objetivo era reducir los stocks mundiales de HEU para usos civiles.

Este proyecto se enmarcó en las diferentes políticas de no proliferación de armas nucleares, encaradas en la década del 70 por dos cuestiones fundamentales: el auge de los movimientos guerrilleros en todo el mundo y el intento de algunos países –como la India– de desarrollar sus propias bombas. En aquel momento, los dos grandes proveedores de reactores de investigación y de uranio altamente enriquecido eran EEUU y la URSS.

A partir de la decisión política encarada

con el programa RERTR surgió la necesidad de producir nuevos combustibles y de remozar los reactores de investigación para que funcionen adecuadamente: dos desafíos científicos que abren un gran negocio para el sector nuclear de las naciones que se involucren con estos temas. Para hablar de estas cuestiones se juntaron en noviembre más de 200 expertos de 30 países en la 24ª Conferencia Internacional sobre RERTR, organizada por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), en Bariloche.

Este año el encuentro estaba particularmente cargado de expectativas porque la reunión anual que debía realizarse en Bali (Indonesia) en 2001 se suspendió luego de los ataques terroristas a las Torres Gemelas. "Después del 11 de septiembre, en el mundo ya no se discute la necesidad de minimización de uso de uranio altamente enriquecido. Más bien, la preocupación pasó a ser cuán rápidamente podemos lograr el objetivo de reducir al máximo su uso civil", expresó en Bariloche Jon Phillips, director del programa RERTR en el Departamento de Energía de EEUU.

## Enriquecimiento

El uranio (U) natural es un metal constituido fundamentalmente por dos isótopos: U 238 –que es el más abundante, alrededor del 99 por ciento– y U 235 –aproximadamente el 0,7 por ciento. El isótopo 235 es el que, bombardeado con neutrones, se divide en



dos fragmentos casi iguales con liberación de neutrones y de enorme cantidad de energía. Ésta es la fisión nuclear, una reacción en cadena de proporciones inmensas que permite la aparición de otros elementos a partir del uranio.

Subiendo la cantidad de U 235 a más del 90 por ciento se obtiene HEU. Con apenas 20 kilogramos de esta sustancia es posible manufacturar una bomba atómica. En cambio, el uranio de bajo enriquecimiento (LEU, por su sigla en inglés) está formado con menos del 20 por ciento del isótopo 235. Con este tipo de material, no es fácil fabricar un arma de destrucción masiva porque se requiere una enorme cantidad del combustible en cuestión.

Para enriquecer el uranio, se somete el metal a algún proceso, químico o físico, de manera de aumentar la proporción natural del isótopo 235. Esto se puede realizar, por ejemplo, a través del filtrado por difusión gaseosa, una tecnología que permite retener la parte de uranio 235 y descartar el resto, que es uranio empobrecido. “Lo que se hace es convertir el uranio en un gas. Mediante la utilización de flúor, se fabrica fluoruro de uranio. Y como es un gas, se puede difundir a través de un filtro de material cerámico, que posee unos pequeños poros. A través de ese filtro pasa más fluoruro de uranio con U 235 porque este isótopo es un poco más pequeño que el U 238”, explicó Arturo Bevilacqua, ingeniero nuclear del Centro Atómico Bariloche.

### Asimetría

El riesgo que presenta la existencia de HEU excede ampliamente las medidas de seguridad que se puedan tomar en el sector civil. Todavía hay importantes inventarios de este combustible que se utiliza para hacer funcionar submarinos y en instalaciones militares –aproximadamente 1000 toneladas en

### Argentina a la vanguardia

La CNEA hizo dos importantes anuncios en Bariloche. El primero es que la Argentina eliminó el uso de HEU en la fabricación de molibdeno 99 –que es uno de los más importantes radioisótopos de uso medicinal–, algo que todavía no había logrado ninguna otra nación. El otro anuncio es que nuestro país es un participante oficial en el programa de calificación de uranio molibdeno –un combustible de última generación que aún no está calificado a nivel mundial.

La aleación de uranio molibdeno (U-Mo) –combustible de bajo enriquecimiento y alta densidad– es una de las promisorias sustancias de las que depende parte del éxito del programa de RERTR. La Argentina presentó un proceso desarrollado en la CNEA para la fabricación de uranio molibdeno en polvo. La nueva técnica (HMD, por hidruración-molienda-deshidruración) logra incorporar hidrógeno al material, para transformarlo en un hidruro. La hidruración aumenta la fragilidad y permite utilizar equipos convencionales para molerlo, algo que antes era muy difícil de lograr. Una vez obtenido el material con la granulometría adecuada, se lo vuelve a deshidrurar y se lo deja en condiciones para ser utilizado en la producción de combustibles.

“La Argentina pone este desarrollo a disposición de la comunidad internacional para que pueda ser empleado en los objetivos del programa”, ofreció Pablo Adelfang, jefe del Departamento de Combustibles Nucleares de la CNEA. “Esto no es regalar; se vende, va a haber una patente, pero no va a haber problemas para transferir la tecnología o vender el polvo a otro país. Es decir, lo hacemos para ganar dinero, pero no le vamos a poner ninguna limitación en cuanto a pedir regalías especiales”, aclaró.

Rusia y 600 en EEUU.

En la década del 60 comenzó a configurarse, con el Tratado de No Proliferación Nuclear, un sistema de “seguridad global” cuyo rumbo estaba marcado por las tensiones que las potencias nucleares del momento –China, EEUU, Francia, Gran Bretaña y la URSS– le imprimían. En este delicado equilibrio, quienes poseían armas de destrucción masiva impulsaban las políticas que consideraban adecuadas en materia nuclear para que la Guerra Fría no se tornara caliente. “Este tratado es muy asimétrico, pero casi todo el mundo en ese momento consideraba que era mejor tener al menos ese límite”, reconoció Alexander Glaser, un joven físico de la Universidad Tecnológica de Darmstadt (Alemania) que actualmente investiga temas de seguridad relacionados con las políticas de no proliferación en el Massachusetts Institute of Technology (MIT).

“Algo totalmente novedoso este año, consecuencia directa del 11 de septiembre, es que Estados Unidos haya anunciado oficialmente que va a convertir sus reactores de investigación para que funcionen con LEU”, observó Glaser. En el pasado, el país del norte no había asumido compromisos significativos con respecto a sus propios reactores de investigación –todavía tiene cinco importantes funcionando con HEU–, pero sí había requerido que las otras naciones tuvieran dispuestos los cambios necesarios lo antes posible. Ahora EEUU ha declarado el año 2012 como fecha límite para la conversión de sus propios reactores.

“Para la gente que está participando de este encuentro es muy importante ver que Estados Unidos también hace algo en su propio país. En este sistema asimétrico, dejar de utilizar uranio altamente enriquecido en sus reactores de investigación puede ser una muy buena señal para el resto de la comunidad internacional”. ■

Recursos naturales costeros

# Aquellas viejas almejas

por José R. Dadón\*  
dadon@bg.fcen.uba.ar

*De alto valor económico, los bivalvos tienen un importante atractivo turístico y confieren su personalidad particular a las playas que habitan. Por ello, la conservación de estos recursos naturales depende de un complicado balance entre el turismo responsable y la tentación de seguir obteniendo almuerzos gratuitos.*

Quien haya visto un banco de bivalvos de playa difícilmente pueda olvidarlo. Millones de animales surgen por sí mismos de la arena y basta con agacharse para recogerlos a manos llenas. Estos animales son parte del atractivo de muchos destinos turísticos en todo el mundo. En nuestro país además forman parte del patrimonio cultural de varias localidades costeras. Verdaderas o no, circulan innumerables anécdotas sobre corvinas negras de gran porte que, por atiborrarse de estos moluscos, quedaron varadas en los canales de marea y terminaron en la mesa familiar. Los memoriosos recordarán también otros relatos, en forma de historietas sentimentales, que tenían como escenario las playas bonaerenses y que se titulaban *Cuentos de almejas*.

La fauna que habita la franja de playa que va desde el pie del médano hasta la línea de bajamar es pobre en especies. Sin duda las más importantes por su abundancia y producción total en nuestro país son dos bivalvos, la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) y el berberecho (*Donax hanleyanus*). Ambas habitan exclusivamente las costas atlánticas de Sudamérica, desde Río de Janeiro hasta Bahía San Blas la primera y hasta Mar Chiquita la segunda. Además de ser la especie dominante, la almeja amarilla es más grande y tiene mayor valor comercial. Bajo condiciones naturales forma extensos bancos sólo interrumpidos por algún curso de agua dulce que desemboca en el mar. Entre 1940 y 1950 fue explotada intensamente, primero informalmente y luego mediante arados arrastrados por tractores.

La “fiebre de la almeja”, como se la recuerda, siguió el mismo camino que sus homónimas auríferas: en 1953, luego de una cosecha récord que casi igualó a la del mejillón, la producción colapsó drásticamente. A partir de entonces se impusieron vedas sucesivas por tiempo indefinido para proteger a la especie y se permitió, sin embargo, que los turistas extrajeran hasta 2 kilogramos por día por persona. Estas medidas resultaron insuficientes a largo plazo, ya que los bancos mermaron paulatinamente entre 1960 y 1990 y en algunos sectores de la costa desaparecieron para siempre.

Junto con este retroceso de la almeja amarilla se produjo un avance gradual del berberecho. De acuerdo con el registro fósil del Cuaternario, ambas especies convivían en la costa argentina pero el berberecho no fue encontrado en nuestro país como especie viviente hasta 1962. A partir de ese año se expandió y es ahora el único bivalvo presente en algunos sectores antaño dominados por la almeja amarilla. Como se verá, ambas especies parecen competir entre sí y es probable que el ser humano haya intervenido en esa lucha sin saberlo.

## Cómo proteger un recurso y equivocarse en el intento

Cuando se analizan las medidas (al principio de manejo, luego de protección) que se tomaron a lo largo de los sesenta años de aprovechamiento de la almeja amarilla, se ponen en evidencia algunos supuestos erróneos. Uno de ellos es que la dinámica poblacional de los bivalvos de playa es relativamente sencilla y

está gobernada por unos pocos factores fácilmente identificables. De acuerdo con un modelo elemental de ganancias y pérdidas, la reproducción incrementa la cantidad de individuos de la población, mientras que la mortalidad natural y la explotación comercial y recreativa la disminuyen. Como la abundancia de almejas depende del balance dinámico de estos factores, parecería que es suficiente con reducir la extracción (mediante una veda) para que las poblaciones retomen naturalmente sus valores originales. Sin embargo, luego de más de cuarenta años de veda los resultados no son los esperados.

Las razones para ello son varias. En ese balance dinámico no intervienen solamente los tres factores antes mencionados (reproducción, mortalidad natural y explotación); hay otros factores naturales y humanos que participan igualmente en la ecuación final.

La cosecha ilegal es uno de ellos, aunque no pueda evaluarse su impacto debido a su carácter furtivo. Evaluaciones recientes indican que el 70% de las almejas adultas desaparece apenas comienza la temporada turística, a pesar de la veda total que rige desde 1996. También intervienen otras actividades turísticas como las excursiones en vehículos 4x4, que pueden matar a los juveniles por millares, aplastándolos contra la arena. Un factor que suele ser pasado por alto es la profunda modificación del ambiente producida por la urbanización de las playas, que altera por completo el paisaje y la dinámica de los procesos naturales: incrementa el pisoteo de las playas, genera erosión y favore-

ce la contaminación costera. Estos son algunos efectos; la lista completa es bastante más extensa y es difícil evaluar su incidencia sobre estos moluscos.

También hay factores naturales implicados, como la competencia con otras especies y las enfermedades. En 1995, una mortandad masiva exterminó a la mayoría de los bancos de almeja amarilla de Argentina; sólo uno en Isla Jabalí, en el extremo sur del rango geográfico de la especie, no fue afectado.

La interacción entre los factores naturales y las actividades humanas es compleja. Es probable que estas últimas hayan reducido la densidad de almeja amarilla en nuestras costas, favoreciendo indirectamente al berberecho. Por su parte, la gran abundancia de berberechos también despierta el interés de los turistas y los pescadores de pequeña escala. En 1999 se observaron cantidades excepcionales de berberecho que lo transformaron en presa de la explotación comercial. De hecho, dado que su pesca no está regulada, hoy día varios supermercados ofrecen berberecho de producción nacional a precios accesibles.

#### Uno para todos, nadie para uno

Para comprender la dinámica poblacional de los bivalvos de playa resulta necesario considerar más factores que los previstos por una ordenanza municipal o una ley provincial. Enfrentados a la necesidad de diseñar políticas de protección y conservación, la mejor opción es comprometer a la sociedad entera en la protección integral no sólo de los bivalvos, sino de todos los recursos naturales costeros, debido a la trama de relaciones que los enlaza entre sí. Una buena razón para buscar ese compromiso es que esos recursos pertenecen a todos ya que son de dominio público.

Sin embargo, en la práctica, sin distinción de países, cualquiera aprovecha lo que es de todos, pero nadie está dispuesto a cuidarlo. Este

#### **S.O.S. almejas**

El Laboratorio de Ecología Marina (Departamento de Ecología, Genética y Evolución, FCEyN) brinda asistencia técnica y asesoramiento a varios municipios, mediante convenios, talleres participativos y conferencias sobre evaluación, manejo y conservación de recursos renovables.

En la actualidad, desarrolla varios proyectos de investigación sobre el impacto de las actividades y usos humanos sobre los recursos naturales costeros.

Desde 1994 lleva a cabo un proyecto de seguimiento a largo plazo de los bivalvos de playa del noreste bonaerense. A través de convenios de asistencia técnica con los municipios costeros implicados se realizan campañas de evaluación del estado de los bancos almejeros, se proponen medidas de protección y se elaboran informes que son difundidos por periódicos, radios y emisoras de televisión regionales y nacionales. Los informes están redactados para facilitar su difusión pública y pueden solicitarse por vía electrónica.

comportamiento, bien documentado en la bibliografía y sencillo de comprender, puede sin embargo revertirse en el caso del turismo de playa. Esta actividad económica se sustenta en la calidad de los recursos naturales que puede ofrecer. Nadie desea veranear en playas contaminadas, sucias o carentes de atractivos. Teniendo esto en cuenta, es posible comprometer a toda la comunidad en planes activos y participativos de conservación y educación ambientales. De hecho, en varios municipios los programas de conservación son promovidos por asociaciones no gubernamentales e incluso por vecinos sin una organización institucional.

#### Futuros posibles

Un rápido repaso de los párrafos precedentes demuestra que no puede comprenderse la dinámica de los bivalvos de playa sin estudiar tanto el sistema natural como el sistema socioeconómico, que producen efectos superpuestos y muchas veces entran en conflicto. Por ello, las medidas de protección y las políticas de conservación no pueden instrumentarse sin tener en cuenta a ambos. La conservación del patrimonio natural debe necesariamente realizarse en un contexto integral, que abarque todos los recursos naturales, junto con la calidad del ambiente y del paisaje, y que implique a toda la sociedad.

En la conservación de los recursos naturales no hay soluciones sencillas ni finales conocidos. La almeja amarilla falta hoy en playas donde años atrás era sacada con palas y sin esfuerzo. En algunas de ellas ahora hay berberechos, interesante como recurso recreativo pero de menor valor comercial y sin el valor emblemático y anecdótico de su predecesora. En las más urbanizadas hay apenas pequeños manchones de berberechos, o ni siquiera eso.

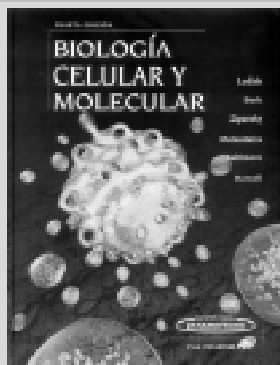
Si bien es probable que los bivalvos puedan recolonizar de manera permanente los sectores de playa natural que aún persisten, es poco probable que puedan hacerlo en playas muy urbanizadas. No existen todavía métodos de recolonización inducida. Para completar el cuadro de situación, hay que tener en cuenta que la intervención humana avanza en las playas a ritmo acelerado y en pocas décadas terminará convirtiéndolas en un continuo urbano casi ininterrumpido. Resulta así claro que la preservación de los bivalvos de playa sólo será posible mediante políticas activas y con gran consenso social ¿Será nuestra generación la última que vea almejas y berberechos enterrándose en la arena? ■

\* Investigador y docente del Departamento de Ecología, Genética y Evolución (FCEyN), CONICET y GEPAMA.

## Biología celular y molecular

### Cuarta Edición

Harvey Lodish y otros  
Madrid, 2002  
Editorial Médica Panamericana,  
1144 páginas.

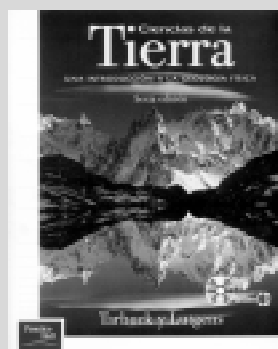


## Ciencias de la Tierra

### Una introducción a la geología física

#### Sexta Edición

Edward J. Tarbuck y Frederick K. Lutgens  
Madrid, 2001  
Prentice Hall, 572 páginas.



## Lingua Ex Machina

### La conciliación de las teorías de Darwin y Chomsky sobre el cerebro humano

William H. Calvin y Derek Bickerton  
Barcelona, 2001  
Editorial Gedisa, 366 páginas.



Desde que la biología se convirtió en una ciencia de alta tecnología y complejidad se hace cada vez más necesario un abordaje claro y didáctico. *Biología celular y molecular* de Harvey Lodish posee ese requisito fundamental para reclamar un puesto en primera línea en la enseñanza universitaria y preuniversitaria.

La profusión de figuras, esquemas, fotos e ilustraciones a todo color generan un texto atractivo y atrapante. El docente querrá llevar las ilustraciones a sus cursos para que el alumno pueda representarse el mundo microscópico de los mecanismos de la vida. El CD rom que acompaña el libro agrega animaciones de sencillez y claridad asombrosas.

La organización es clásica. Los capítulos y párrafos abren con títulos explicativos que resultan muy orientadores para cualquier lector. Al final de cada capítulo se agregan las siguientes herramientas pedagógicas: resumen, perspectivas para el futuro (los planteos abiertos), autoevaluación, cuestionario, concepto fundamental, experimento fundamental, aplicación fundamental, glosario y bibliografía.

Arnold Berk, S. Lawrence Zipursky, Paul Matsudaira, David Baltimore y James Darnell completan con Lodish el staff de autores, todos ellos investigadores, cuya jerarquía y renombre nos exime de comentarios acerca de la calidad científica de este texto indispensable en la biblioteca de cualquier establecimiento educativo secundario en adelante.

Si en la currícula de la enseñanza media hay una ciencia desatendida, sin duda se trata de la geología. Los profesores de geografía se las ven en figuritas a la hora de buscar bibliografía de primera calidad para preparar sus cursos. Por eso *Ciencias de la Tierra* se erige como una obra fundamental en la biblioteca científica.

Tiempos geológicos, rocas, aguas, vientos, costas, terremotos, el interior de la Tierra, tectónica de placas, derivas continentales, energía y geología planetaria del sistema solar, cada gran tema geológico preside un capítulo de un texto que termina convenciendo de que la Tierra es un gigante que se mueve lentamente, pero con movimientos precisos, e intenciones definidas. La concepción ambiental subyace en toda la obra.

Impreso a todo color, con profusión de fotografías, esquemas y diagramas que apoyan las explicaciones logrando un texto sumamente didáctico, también propone resúmenes y cuestionarios al final de cada capítulo. Y no falta el CD que agrega animaciones, cuadros e imágenes que permiten trasladar la belleza geológica y su mecánica al monitor de una PC o a la pantalla de un aula.

Tarbuck y Lutgens no tienen mucha competencia, pero aunque la tuviesen *Ciencias de la Tierra* seguiría figurando entre las obras más importantes de la enseñanza de las ciencias geológicas.

La gramática universal de Chomsky postula la existencia de un circuito innato en el cerebro destinado a la sintaxis. ¿Pero cómo y cuándo los humanos adquirieron ese rasgo genético que los diferencia del resto de los animales? ¿Qué ventaja pudo conferir a los primeros poseedores de esa extraña habilidad en la comunicación para que operase la evolución tal como Darwin lo sostuvo?

En este curioso libro un neurofisiólogo, William H. Calvin, y un lingüista, Derek Bickerton, se proponen responder esas preguntas primordiales en la aparición del lenguaje en nuestra especie. Desde dos formaciones diferentes, los autores van tejiendo una trama fascinante que no deja de sorprendernos en cada capítulo. Desde el concepto de "palabra", hasta la adquisición de un protolenguaje, más tarde los rudimentos de una sintaxis y por último nuestro lenguaje, paso a paso nos presentan todos los elementos de este nuevo rompecabezas que la ciencia ya está en condiciones de abordar.

*Lingua ex Machina* recurre a la lingüística, a la teoría de la comunicación, a la etología animal y humana, a la sociobiología, a la neurobiología, a la neuroanatomía. Posee un apéndice lingüístico, un glosario, y cientos de ideas brillantes. El capítulo final contextualiza estas ideas dentro de las controversias científicas y filosóficas que las cuestiones de la mente despertaron siempre.

## Miles de millones Reflexiones sobre la vida y el universo

Carl Sagan

Madrid, 2001

Ediciones B, 458 páginas.



Nadie esperaba un nuevo libro de Carl Sagan. Desde su muerte en 1996 un molesto vacío rondaba la biblioteca de la divulgación científica. Pero sus herederos nos entregaron este maravilloso regalo: *Miles de millones*. Entonces, radiantes, devorando página tras página, los lectores volveremos a preguntarnos: ¿no podía el autor de *Cosmos* escribir despasionadamente? ¿No podía dejar de contagiar ese fervor revolucionario, ético, racional, imaginativo?

En esta última entrega tan fundada como encendida, Sagan aborda una variedad de cuestiones. Desde la pasión por el fútbol hasta el calentamiento global, pasando por el agujero de ozono, la controversia sobre el aborto, la ciencia y la religión, la guerra y la paz. En un llamado urgente y esperanzado para salvar la Tierra, denuncia sin eufemismos el capitalismo salvaje y el conservadurismo de su propio país. No evita nombres ni apellidos. No perdona lobbys ni jinetas ni sotas. Y lo propio al comunismo. Los crímenes cometidos por Rusia y Estados Unidos contra la humanidad son enumerados y sentenciados memoriosa y objetivamente. No se puede construir sobre el olvido, y su esperanza está puesta en el futuro.

Su esposa Ann Druyan, en un emocionante epílogo nos esboza la dimensión humana de este científico que no podía escribir, ni ser, de otra manera. No podía.

## Colección «Ciencia que ladra...»

# Para despertar a Sancho Panza



En el momento más complejo de la crisis argentina, en el período más chato de la industria editorial nacional, y en el instante en el que el presupuesto para la ciencia toca fondo si es que lo hay, Sancho podía preparar su siesta definitiva... pero por suerte hay locos. Y aquí se juntaron. La Universidad Nacional de Quilmes, la editorial Siglo Veintiuno y siete científicos argentinos de florida pluma decidieron inaugurar nada menos que con cinco títulos la colección de libros de divulgación científica "Ciencia que ladra..."

*Guerra Biológica y Bioterrorismo*, de Martín Lema; *El Desafío del Cangrejo*, de Daniel F. Alonso; *Un Mundo de Hormigas*, de Patricia Folgarait y Alejandro G. Farji-Brener; *El Cocinero Científico*, de Diego Golombek y Pablo Schwarzbau; y *Plantas, Bacterias, Hongos*, de Luis G. Wall son los títulos (los cinco primeros, por ahora) de la colección.

Para un lector acostumbrado a la divulgación científica, la primera impresión al leer cualquiera de los libros es: el autor es argentino, la historia que me cuenta me la cuenta en mi propio idioma. La segunda: ¡qué bueno es! Han cuidado una prosa entretenida, ágil y con sentido del humor. Lo cual no es sencillo si se presta atención a las temáticas abordadas. Guerra biológica y cáncer, los temas de los dos

primeros, son lúgubres por defecto. Sin embargo, el tratamiento optimista y natural con que han sido encarados hará que los lectores los deglutan sin esa carga emocional negativa que cualquiera podría anticipar. Hormigas, arte culinario y ciclos biológicos, los temas de los tres últimos, dan rienda suelta a la creatividad de los autores.

En todo caso, los cinco libros son una muestra de excelencia científica: aunque las presentaciones sean claras y amenas no dejan de constituir piezas de riguroso pensamiento científico. Los planteos son sencillos y las preguntas claras, y las respuestas dan en el blanco partiendo de explicaciones técnicas suficientemente básicas como para que nadie se quede en ascuas y Sancho siga despierto. El resultado es un texto que lo deja a uno satisfecho y le da ganas de encarar el siguiente. (Aunque por ahora sean sólo cinco).

Diego Golombek, director de la colección, prologa cada libro revelando algunos datos más de cómo un grupo de jóvenes investigadores, algunos dirigentes universitarios y unos empresarios argentinos se complotaron en esta quijotada tan loca como divertida. De la colección "Ciencia que ladra..." queremos ya comentar la segunda entrega.



## BECAS HUMBOLDT DE INVESTIGACIÓN

La fundación Alexander von Humboldt ofrece becas a investigadores de todo el mundo para realizar una estadía breve en Alemania. "El requisito es haber completado el doctorado y poseer, por lo menos, dos publicaciones internacionales", indicó el doctor Walter Stühmer, director del Instituto Max Planck de Medicina Experimental de Gotinga, Alemania, y miembro del comité de selección de becarios de la fundación Humboldt. Stühmer visitó Buenos Aires en carácter de «embajador» de esa institución para facilitar contactos entre científicos de Latinoamérica y de Alemania.

Estas becas, además de cubrir el costo del viaje, ofrecen la suma mensual de 2.100 a 3.000 euros, lo cual permite vivir de manera razonable en aquel país. Para obtener más información: <http://www.avh.de>



## Nora Bär en la Academia



El pasado 30 de octubre, Nora Bär, editora de la página de Ciencia/Salud del diario *La Nación*, se convirtió en miembro de la Academia Nacional de Periodismo. Ocupará el sillón que lleva el nombre de Ada María Elflein, cuentista infantil y cronista de viajes de principios del Siglo XX.

Como heredera de Elflein, que transitaba por caminos solitarios en medio de llanuras vastas, Bär inició su conferencia en el Museo Mitre afirmando su intento de convertir al lector en invitado de honor en el "viaje por los confines del conocimiento que propone la ciencia".

Para la periodista, llevar al público temas tan abstrusos como la física cuántica, la biología molecular o la nanotecnología es "un desafío que pone a prueba las estrategias más imaginativas". Tal vez lo más difícil sea ese inevitable tránsito entre dos mundos diferentes: "el del laboratorio—selectivo, estricto y meticuloso—y el de la sala de redacción—masivo, caótico y vertiginoso—". El periodista se ve obligado a sortear un abismo entre ópticas distantes, del cual surgen no pocos malentendidos.

Bär, al señalar que el conocimiento de los temas científicos "nos ayuda a comprender la grandeza y la banalidad de los asuntos humanos", puso en evidencia dos cualidades que ella posee y que tal vez sean indispensables en un periodista científico: la curiosidad y el entusiasmo inagotable ante la ciencia.

Al finalizar la conferencia, el aplauso fue caluroso y sostenido. En la sala no sólo había académicos y periodistas, sino también muchos científicos, lo que prueba que ya no existe un abismo entre ciencia y periodismo. En efecto, la posibilidad de que el público esté bien informado sobre temas de ciencia depende también, en gran medida, de la colaboración y el apoyo de los investigadores.

El nombramiento de Nora Bär es un premio al esfuerzo, al trabajo incesante y a la honestidad profesional. Y sin duda nos honra a todos los que ejercemos la tarea de comunicar la ciencia. De hecho, también es un reconocimiento a la ciencia como tema de interés público.

## La UBA a Hollywood



El 9 de noviembre pasado se desarrolló la Competencia Regional Sudamericana de programación de la ACM (Association for Computing Machinery) y el equipo de la UBA, compuesto por Flavia Bonomo, Darío Fischbein y Sergio Sancho, se clasificó para la 27ª Final Mundial, que se llevará a cabo entre el 22 y el 29 de marzo de 2003 en Hollywood.

La prueba se realizó simultáneamente en siete sedes, entre ellas el Departamento de Computación de la FCEyN (sede coordinada por el colaborador de **EXACTAMENTE**, Pablo Coll). Participaron en total 180 equi-

pos de ocho países, de los cuales clasificaron cuatro. Los otros 3 equipos clasificados corresponden a las universidades de Pernambuco, Campinas y Católica de Río de Janeiro, todas ellas de Brasil.

Es el quinto año consecutivo en que un equipo de la UBA accede a la final del mundo. Recordamos que el equipo clasificado este año ya participó de la Final Mundial en la prueba del 2002 realizada en Hawaii, alcanzando el décimo puesto en la clasificación general y el primero entre los equipos de Latinoamérica.

## Cartoneros + científicos

Representantes de los cartoneros del Tren Blanco, asambleístas de algunos barrios porteños y científicos de la Facultad dialogaron en un encuentro organizado por Joos Heintz, profesor del Departamento de Matemática. Las delegadas Lidia Quinteros, Norma Flores e Isabel Zerda, y los asambleístas Aníbal Rodríguez y Ricardo La Guidara (Colegiales) y Jorge Iglesias (Palermo Viejo), relataron sus vivencias frente a un nutrido público de investigadores y estudiantes.

El motivo directo del encuentro fue la colecta de alimentos y ropa infantil para un comedor/jardín maternal de la capital tucumana. Pero el propósito fundamental era lograr la participación de la comunidad universitaria con el fin de resolver o mitigar los problemas que enfrentan los más humildes. La respuesta no se hizo esperar. Los investigadores de los distintos departamentos mostraron su voluntad de colaborar e involucrarse en la vida real de la sociedad mediante propuestas concretas. Tal vez la propuesta principal fue que la colaboración no dependa de un voluntariado sino de una actividad orgánica y rentada.

## PREMIOS ACADÉMICOS

La Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales entregó el pasado 22 de noviembre los 9 premios correspondientes al año 2002. Los científicos galardonados fueron los siguientes:

Premio «Luis A. Santaló» en Matemática: Dr. Ricardo Durán. Premio «Ricardo Gans» en Física Teórica: Dr. Manfred Ahlers. Premio «Reynaldo P. Cesco» en Astronomía: Ing. Pedro Zadunaisky. Premio «Arturo M. Guzmán» en Ingeniería Estructural: Dr. Luis Godoy. Premio «Pascual Palazzo» en Ingeniería de Transporte: Ing. Jorge Galarraga. Premio «Eduardo Gros» en Química Orgánica de Productos Naturales: Dra. Alicia Seldes. Premio «Florentino Ameghino» en Paleontología: Dra. Zulma Brandoni de Gasparini. Premio «Eduardo L. Holmberg» en Ictiología: Dra. Amalia Miquelarena. Premio «Ernesto E. Galloni» en Ingeniería Electrónica: Dr. Hernán De Battista.

Van desde estas páginas nuestras felicitaciones a los investigadores premiados, especialmente a los tres profesores de la Facultad de Exactas: los doctores Durán y Zadunaisky, profesores del Departamento de Matemática; y la doctora Seldes, profesora del Departamento de Química Orgánica.

## EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS EN EXACTAS



Veintidós estudiantes de ocho colegios secundarios de Capital y Gran Buenos Aires pasaron un cuatrimestre trabajando codo a codo con los investigadores de la Facultad de Exactas, ¡y en los mismísimos laboratorios! Esta inédita experiencia didáctica comenzó a instrumentarse desde la Dirección de Orientación Vocacional a partir de agosto pasado. Su objetivo básico es el de colaborar en la elección vocacional de quienes tengan intereses afines a la ciencia y, por supuesto, introducir a los estudiantes de los últimos años de la escuela media en una actividad que puede parecerles inaccesible: la investigación científica.

Los departamentos de la Facultad de Exactas que abrieron sus puertas fueron el de Biodiversidad, el de Ciencias de la Atmósfera, Química Biológica y el de Ecología, Genética y Evolución, y los estudiantes se incorporaron a proyectos de investigación que los departamentos eligieron en relación a las posibilidades educativas que ofrecían. La duración de las experiencias fue trimestral, en turnos semanales de tres horas. Una vez finalizado el trabajo de laboratorio, los participantes expusieron sus investigaciones en el hall central de la Facultad, se entregaron certificados de asistencia y se aplaudió mucho.

Para el año 2003, el DOV pretende incrementar la cantidad de estas exitosas experiencias. Exitosas por el reconocimiento de los estudiantes y también el de los departamentos que participaron. Para más información, comunicarse con el 4576-3337, o en [dov@de.fcen.uba.ar](mailto:dov@de.fcen.uba.ar).

## La OPS con cabeza argentina

El 25 de septiembre, la médica argentina Mirta Roses fue la elegida para dirigir Organización Panamericana de la Salud (OPS). Por primera vez, en los 100 años de historia de la OPS, una mujer ocupará el cargo máximo de la institución.

Roses (56) estudió medicina en la Universidad Nacional de Córdoba, donde fue compañera del actual ministro de salud, Ginés González García. Luego se diplomó en Salud Pública con especialización en epidemiología en la UBA, y en medicina tropical en la Universidad Federal de Bahía, Brasil.

Esta cirujana, casada y con cuatro hijos, ingresó a la OPS en 1984, y dirigió las oficinas de Bolivia y República Dominicana de la organización. En la Argentina se desempeñó como investigadora en el programa de control de fiebre hemorrágica, asesora en epidemiología del Programa Nacional de Lepra y estuvo al frente de la Dirección Nacional de Institutos de Investigación.

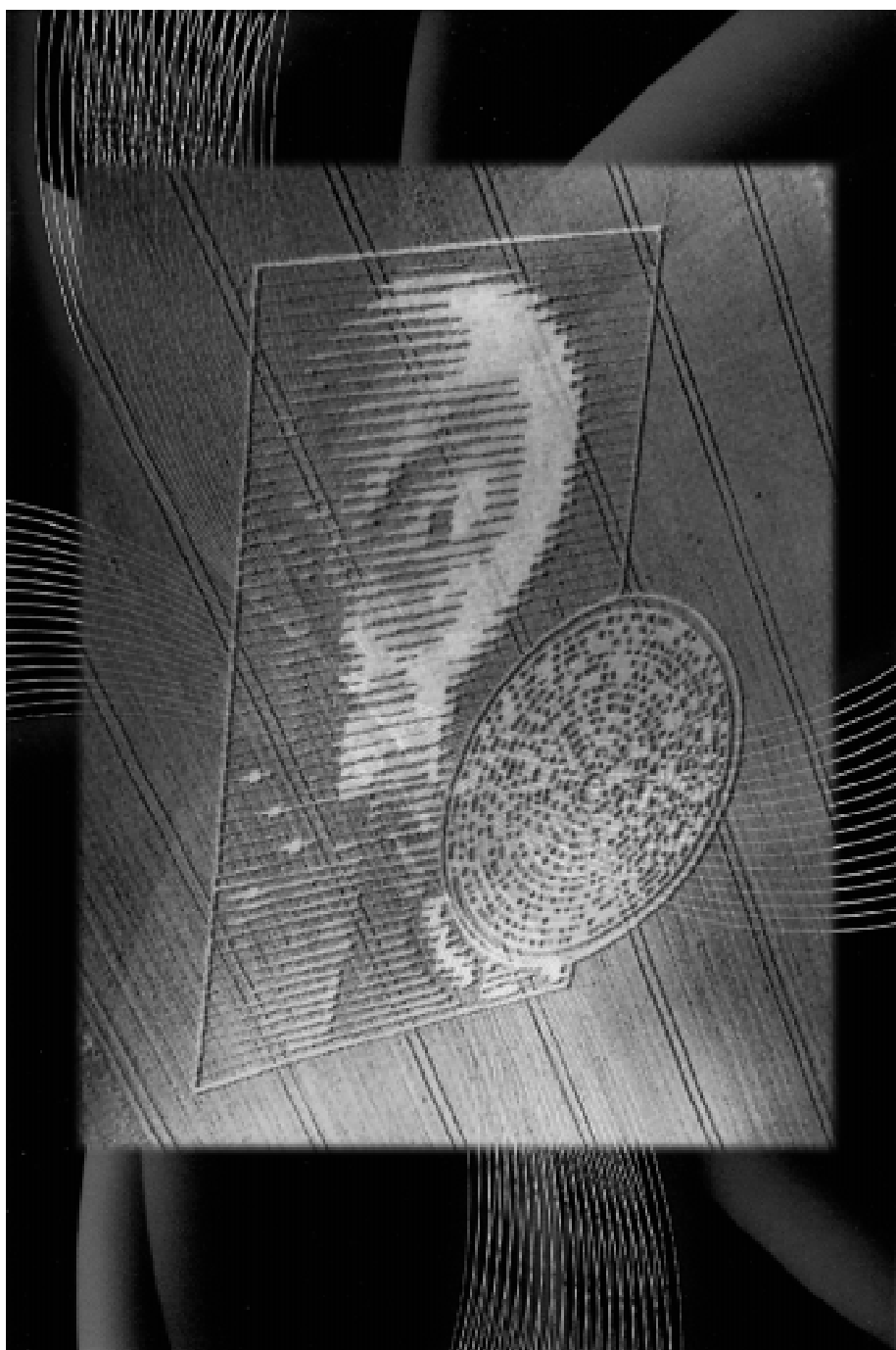
La flamante directora de la OPS dijo al diario *Página/12*, poco antes de ser elegida para su nuevo cargo, que la crisis argentina debe conducir a un sistema de salud más equitativo y se mostró a favor de la despenalización del aborto y del consumo de drogas. «Creo que las mujeres tienen derecho a tener control sobre su propio cuerpo. Uno de los problemas más serios que vemos con la penalización de ciertas acciones como el aborto y el consumo de drogas es que incorpora un concepto de criminalidad que hace que muchas de las prácticas pasen a la clandestinidad, donde no existen regulaciones y donde las mujeres y los jóvenes, particularmente de menos recursos, son llevados a las prácticas peores y, por lo tanto, son los que pagan por su vida. Mientras que los grupos que tienen mayores recursos económicos y culturales pueden, aun con la penalización, acceder a prácticas que no les resultan riesgosas».

Círculos de los cultivos

# ¿Hacen graffitis los ET?

por Guillermo Giménez de Castro\*  
guigue@craam.mackenzie.br

*En agosto de 2002, los estudios Disney estrenaron el film Señales protagonizado por Mel Gibson. La historia gira en torno a extraños diseños geométricos que aparecen en los campos de cultivo, y tienen origen desconocido. Con este film, Disney consiguió reavivar una polémica de tres décadas atrás.*



Según los *cereologistas* (de Ceres, la diosa griega de la agricultura) los primeros círculos demarcados en cultivos –a los que denominan “Círculos de la nueva era”– aparecieron en 1972. Sin embargo, ellos también afirman que hay testimonios que datan de 300 años atrás, por lo menos. El centro de ocurrencias parece estar emplazado en el condado de Wiltshire, en Inglaterra, un lugar de por sí místico por contar con los más bellos monumentos neolíticos –entre ellos el famosísimo Stonehenge–.

Según cuenta la mitología local, sin que nadie perciba el origen o la causa, un granjero descubre un día que su sembrado está en parte aplastado formando un dibujo de una geometría clara. Los primeros dibujos no pasaban de círculos y rectas. Pero conforme fue pasando el tiempo, el número de ocurrencias aumentó, el fenómeno ganó impulso y alcance llegando a ocurrir en una decena de países, y los diseños fueron complicándose. Representaciones del ADN, de sistemas planetarios; ya se encontraron representados símbolos de las creencias mitológicas más famosas y también rostros alienígenas, de personajes conocidos y hasta frases como: “*We are not alone*” (No estamos solos). Dentro de los círculos, algunos creyentes se reúnen a meditar experimentando un aire de tranquilidad y paz. Además, como si se tratara de lugares sagrados, grupos de peregrinos suelen marchar durante semanas para llegar a los sembradíos.

Se calcula que son 100 y 150 los dibujos que aparecen anualmente en todo el mundo, aunque cerca del 90 por ciento se concentran en Inglaterra. Un dato interesante es que no hay registrado ni un solo caso en las extensas

plantaciones de las llanuras argentinas. Según testigos próximos a los lugares de los hechos, la noche anterior al descubrimiento, los animales de la granja se ponen nerviosos, a veces se ven luces en el cielo nocturno, como bolas brillantes, y se escucha un zumbido de origen desconocido. No faltan las anomalías electromagnéticas que incluyen la interrupción del funcionamiento de equipos electrónicos.

Las explicaciones abarcan desde la intervención de seres alienígenas hasta de la propia Tierra actuando con voluntad e inteligencia como un ser vivo. Ultimamente, la idea que más aceptación ganó fue la de los *vórtices de plasma*, cuyo movimiento circular y turbulento podría explicar los círculos observados. El biofísico W.C. Levengood comenzó en la década del 90 un estudio sobre las características de las plantaciones en que fueron encontrados los círculos. Algunos de sus trabajos fueron publicados en la revista científica *Physiologia Plantarum*. Levengood afirma que las muestras de plantas obtenidas en los círculos están modificadas respecto a las muestras de control. Esas modificaciones llegan hasta el nivel microscópico y sugieren la presencia de movimientos rápidos de aire, campos eléctricos y ionización, así como altas temperaturas. En un artículo publicado en la revista *Journal for Scientific Exploration*, Levengood encuentra trazas de hierro meteorítico semifundido dentro de los tallos de trigo. Su explicación es que a través de un proceso de ablación, micrometeoros habrían sido introducidos dentro de las



plantas. Esta sería entonces una demostración de que el proceso de creación de los círculos involucra temperaturas elevadas.

A esta explicación se oponen los testimonios que aseguran que todo se trata de una broma. En 1991, dos sexagenarios ingleses, Dave Chorley y Doug Bower, salieron a los medios a contar cómo fabricaban los círculos usando apenas cuerdas y palos. Los primeros para hacer un compás, los segundos para aplastar la siembra. Después de ellos surgieron muchos otros *circlemakers* (hacedores de círculos). Se afirma que existen por lo menos cuatro o cinco grupos en Inglaterra para quienes los círculos son una forma de arte. Los cereologistas creyentes, por su parte, afirman que pueden reconocer fácilmente un círculo "real" de uno "ficticio": el primero tiene las plantas dobladas y no aplastadas, como ocurre en los segundos. Los *circlemakers*, por su parte, nunca identifican sus creaciones, según ellos parte del *charme* viene también del aura de misterio que rodea a los círculos. Para terminar de complicar más la cuestión, el aspecto monetario no es ajeno. Los granjeros que amanecen con un círculo en su campo, cobran por su visita. Uno de ellos llegó a ganar hasta 50 mil dólares en cuatro semanas (su cosecha no le hubiera dejado ni 500 dóla-

res). Por otro lado, las acusaciones contra los gobiernos por ocultación de pruebas y desvío de atención son moneda corriente.

Después de haber revisado la vasta bibliografía sobre los *círculos de los cultivos*, es posible concluir que hay demasiados elementos humanos como para considerarlos de origen extraterrestre o sobrenatural. Por ejemplo, la figura de un alien que ilustra este artículo – y que apareció en agosto de 2002 en Winchester – se parece demasiado a nuestras imágenes de seres extraterrestres. Y el disco a su costado es un mensaje supuestamente codificado en binario, ¡pero su texto está en inglés! El aumento en complejidad que han sufrido los diseños parece más una evolución artística que un intento por aumentar el contenido de supuestos mensajes. Por otra parte, los trabajos de Levengood nunca fueron comprobados de forma independiente por otros grupos. Sus observaciones carecen de respaldo de la ciencia actual y precisarán de mucho debate y más pruebas para lograr algún consenso. ¿Cómo puede una planta ser sometida a temperaturas de ionización (del orden o superior a mil grados) sin quemarse completamente? Levengood apunta a las microondas como causa de algunas alteraciones. Al respecto, hoy en día las comunicaciones se basan en las microondas – desde los celulares a la televisión satelital – y por eso mismo la presencia de estas radiaciones es cada vez más universal e intensa. ¿Cómo puede ser que las plantas fuera de los círculos no se hayan visto afectadas?

Arte, broma, o ambos, pueden ser sus causas. La búsqueda de orígenes sobrenaturales o extraterrestres parece responder a nuestra necesidad de encontrar una presencia superior en nuestras vidas. ■

**OMISIÓN:** En el número anterior sobre el *chupacabras*, no mencionamos que el trabajo del SENASA fue encomendado a la Facultad de Veterinaria de la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires, en Tandil. Vaya ahora nuestro reconocimiento a los autores del informe.

\* Investigador del Centro de Radio Astronomía y Astrofísica del Instituto Presbiteriano Mackenzie - San Pablo, Brasil.

# Las fracciones salvajes

por Pablo Coll\* [pecoll@dc.uba.ar](mailto:pecoll@dc.uba.ar)  
y Gustavo Piñeiro\*\* [pineiro@datamarkets.com.ar](mailto:pineiro@datamarkets.com.ar)

*The wild numbers* (*Los números salvajes*) es una simpática novela escrita por Philibert Schogt que narra el intento de Isaac Swift –un matemático de ficción– por resolver el problema de los números salvajes –un dilema también de ficción, creado *ad hoc* por el autor de la novela.

El planteo del problema es el siguiente. Tenemos definidas ciertas operaciones aritméticas “decepcionantemente simples”, según Schogt. Si aplicamos estas operaciones a un número entero obtenemos una fracción. Apliquemos estas operaciones a esa fracción y obtendremos otra. Finalmente, al cabo de cierto número de pasos, obtendremos nuevamente un número entero. En palabras del autor: “Dentro de todo número se esconde un número salvaje, que emergerá si se lo provoca suficientemente”.

Si comenzamos con 0 –dice Schogt– el número salvaje que emerge es 11. Comenzando con el 1, emerge el 67. Si lo hacemos con el 2 obtenemos 2. El 3 nos da el número salvaje 4769 y el 4 nos da nuevamente 67. Los números 2, 11, 67 y 4769 son salvajes y, según Schogt, es difícil hallar un quinto ejemplo. El problema abierto que Isaac Swift intenta resolver en la novela es si existen infinitos números salvajes.

Una pregunta interesante que muchos lectores de la novela seguramente se plantearán es si cuando Schogt escribió que el 0 da 11, que el 1 da 67 y así sucesivamente, tenía en mente algunas operaciones “decepcionantemente simples” en concreto o se limitó a escribir números al azar. En este último caso, ¿es posible definir operaciones “decepcionantemente simples” que se ajusten a las especificaciones de Schogt. Después de fallar en varias tentativas de hallar estas operaciones, hemos llegado a la convicción personal de que Schogt simplemente eligió números al azar y que, si acaso existen operaciones que se ajusten a la descripción de la novela, difícilmente serán “decepcionantemente simples”.

En uno de estos fallidos intentos por encontrar las operaciones de Schogt tropezamos con un problemita que pasamos a comentar a continuación. Comencemos por definir una función  $F$  del siguiente modo: si

$n$  es un entero entonces  $F(n)$  es el producto de todos los números primos impares que son divisores de  $n$ ; si  $n$  no es divisible por ningún primo impar (esto ocurre si  $n$  es 1 ó si es potencia de 2) entonces  $F(n) = 1$ . Tenemos entonces, por ejemplo, que  $F(1) = 1$ ,  $F(2) = 1$ ,  $F(3) = 3$ ,  $F(4) = 1$ ,  $F(5) = 5$ ,  $F(6) = 3$ ,  $F(7) = 7$ , etcétera.

Si  $a/b$  es una fracción (en la que suponemos que  $a$  y  $b$  no tienen divisores en común, recordemos que si  $n$  es un entero entonces  $n = n/1$ ), definimos  $w(a/b) = (F(a) + F(b))/\max(a, b)$ . Como en la novela de Schogt, comenzamos con un número entero y aplicamos la función  $w$  una y otra vez.

**Conjetura 1:** Si comenzamos con un entero positivo  $n$  y aplicamos la función  $w$  una y otra vez, tarde o temprano caeremos en un ciclo (es decir, una secuencia de números enteros o fraccionarios que se repetirán cíclicamente, y que eventualmente puede ser un único número que permanece fijo). Por ejemplo, si comenzamos con 1 obtenemos 2, luego 1, luego 2 y así sucesivamente. A partir de 1 obtenemos entonces el ciclo salvaje (1, 2). Comenzando con 2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8 obtenemos el mismo ciclo. Para 9 obtenemos el ciclo salvaje unitario (4/9), es decir  $w(4/9) = 4/9$ . Comenzando con 25 obtenemos el ciclo (6/25, 8/25). Comenzando con 95 obtenemos (10/49, 12/49); con 99, obtenemos (56/99, 40/99, 38/99, 52/99, 46/99).

**Conjetura 2:** El único ciclo salvaje formado por números enteros es (1, 2).

**Conjetura 3:** En todo ciclo salvaje, las fracciones que lo forman tienen el mismo denominador.

¿Podrá alguien demostrar o refutar estas conjeturas? ¿Podrá alguien encontrar las operaciones de Philibert Schogt? Nos gustaría mucho tener las respuestas a estas preguntas. ■

\*Doctor en Computación y docente del Departamento de Computación - FCEyN.

\*\*Licenciado en Matemática - FCEyN.

## Soluciones del número anterior

1- Dados ganadores del torneo, junto con los puntajes de los tres partidos y los autores de los mismos. Nótese que los tres permiten escalera con distintas probabilidades. De los 10 primeros puestos de este torneo, 8 eran alumnos o docentes de la FCEyN, incluyendo a los dos autores de esta columna.

Jugador	Puntaje	Dados
Darío Fischbein	914	666522 666533 666544 666554 666554
Uno de nosotros	907	666554 666543 666543 666542 666532
Gerardo Massenzano	901	666654 666654 666654 666653 666642

El resultado más contundente del torneo demostró que los dados que admiten escalera obtienen mejores resultados que aquellos que no la admiten.

2- La Generala No Tan Libre está todavía por explorarse. Se podrían intentar esquemas de repartijas de números parecidos a los del punto anterior pero con los números cambiados para usar justo los 105 puntos. Habría que decidir si es mejor conservar algunos 6 o tener números del 1 al 5 para intentar las escaleras.

3. En el caso de la Generala Totalmente Libre, la estrategia y el diseño de los dados no debería diferir mucho del de la Generala Libre. La libertad extra de tener dados con un número arbitrario de caras nos permitirá calibrar mejor las probabilidades para mejorar los resultados de la Generala Libre. ■





